

Université de Paris X - Nanterre
Ecole Doctorale d'Economie et Mathématiques de Paris-Ouest

Diplôme d'Etudes Approfondies

**Impacts environnementaux
De la mobilité des marchandises :
Maîtrise en amont des flux de transport
Par une réorganisation des systèmes logistiques**

Henri-David WAISMAN

D.E.A. « Economie de l'Environnement et des Ressources Naturelles
sous la Direction de Monsieur Jacques Theys

L'Université de Paris-X n'entend donner aucune approbation ou improbation aux opinions émises dans les mémoires : ces opinions doivent être considérées comme propres à leur auteur

Le mode de fonctionnement de notre société apparaît de plus en plus clairement comme non soutenable dans de nombreux domaines. Même si le consensus politique reste à ce jour difficile à atteindre, cette évidence sociologique et scientifique prend suffisamment de force pour conduire un nombre important de pays à envisager des mesures concrètes pour y faire face. C'est ainsi que le processus de Kyoto aboutit_ laborieusement mais inexorablement_ à des mesures visant à mieux contrôler les activités industrielles et leurs rejets polluants. L'objet de ce rapport est de s'intéresser à une composante essentielle de notre société dont les nuisances environnementales sont de plus en plus importantes et qui n'est pourtant concernée que marginalement par les réflexions concrètes sur le développement durable : **le transport**.

Lorsqu'on s'intéresse aux impacts environnementaux du transport, l'attention se focalise la plupart du temps sur le transport de passagers. La voiture particulière constitue à cet égard un exemple caractéristique souvent mis en avant pour stigmatiser les excès de notre mode de vie où la mobilité individuelle est une valeur essentielle qui a longtemps conduit à négliger les effets externes négatifs qu'elle induit.

Cependant, la libre circulation des biens et des services constitue également un élément fondateur de notre société et nécessite une prise en compte spécifique si on veut étudier de manière exhaustive le système de transports et ses conséquences. Dans une première partie, nous allons ainsi tenter de montrer que l'explosion de la **mobilité des marchandises** devient une composante de plus en plus importante à prendre en compte dans l'étude des impacts environnementaux des transports, en particulier si on cherche à tenir compte des effets à moyen et long terme.

L'angle sous lequel ce rapport se propose alors de considérer le problème consistera à se focaliser sur les conditions d'une **maîtrise de la demande de transport de marchandises en amont**. En entrant dans le fonctionnement logistique du système de production-distribution des entreprises, nous chercherons ainsi à comprendre les motivations et les modalités de la demande de transport de fret afin de distinguer les pistes de changement propices à rendre son évolution future compatible avec l'objectif de soutenabilité.

TRANSPORT DE MARCHANDISES
ET
DEVELOPPEMENT DURABLE

1^{ERE} PARTIE : CARACTERISTIQUES DU TRANSPORT DE MARCHANDISES

I. TRANSPORT DE MARCHANDISES – ETAT DES LIEUX

A. LE TRANSPORT DE MARCHANDISES DANS L'UNION EUROPEENNE

Dans une économie globalisée dans laquelle les frontières nationales jouent un rôle de moins en moins important dans les échanges commerciaux, la situation propre de la France ne peut être totalement dissociée de celle du reste du monde. Afin de comprendre les caractéristiques passées et futures du trafic de fret dans notre pays, il convient ainsi de les inscrire dans le contexte plus large de l'Union Européenne. En effet, depuis l'Acte Unique (1986), la France appartient à un espace « sans frontières intérieures dans lequel la libre circulation des marchandises, des personnes, des services et des capitaux est assurée ».

1-Caractéristiques générales

1.1 Trafics

Le volume total de marchandises transportées en Europe augmente considérablement sur la période 1970-2003 (+125 %). Les deux modes de transports principaux en terme de volume, à savoir le transport routier et le transport maritime à courte distance, sont également ceux qui ont connus la plus importante progression sur la période considérée. Seul le volume transporté via le rail est en régression.

Evolution du volume total de transports de marchandises en Europe
(en milliards de tonnes-kilomètres)

	1970	1990	90/70	1998	2003	2003/90	2003/70
Route	488	976	+100,00%	1283	1454	+48,98%	+197,95%
Rail	282	255	-9,57%	240	236	-7,45%	-16,31%
Navigation maritime	472	923	+95,55%	1142	1262	+36,73%	+167,37%
Fluvial	102	107	+4,90%	120	131	+22,43%	+28,43%
Pipeline	64	70	+9,38%	85	84	+20,00%	+31,25%
Total	1408	2331	+65,55%	2870	3167	+35,86%	+124,93%

(Source : Commission Européenne, Energie et transports)

1.2 Répartition modale

Il existe aujourd'hui, en Europe un véritable déséquilibre entre les parts modales des différents modes de transports de marchandises : 85% du trafic est assuré par la route et par la navigation maritime à courte distance.

La répartition modale entre les différents modes de transports de marchandises en 2003 diffère de celle de 1970 : La route a renforcé son poids passant de 34% en 1970 à 46% en 2003, la navigation maritime a également vu sa part de marché augmenter de 34% à 40%, le rail passant dans le même temps de 20% à 7% seulement en 2003.

Evolution de la répartition modale

	1970	1990	2003
Route	34%	41%	46%
Rail	20%	11%	7%
Navigation maritime	34%	40%	40%
Fluvial	7%	5%	4%
Pipeline	5%	3%	3%

(Source : Commission Européenne, Energie et transports)

Lorsqu'on analyse cette répartition modale (hors navigation maritime à courte distance), pays par pays, on constate que le transport routier est largement majoritaire dans la plupart des nations de l'Union Européenne (à l'exception des Pays-Bas où le fluvial conserve une place majeure, et l'Autriche où le rail fait presque jeu égal avec la route). On remarque que dans les pays du sud de l'Europe (Grèce, Italie, Portugal, Grèce) le transport routier domine encore plus largement que dans les autres pays européens.

1.3 Commerce international

a- Commerce extérieur à l'Union

Lorsqu'on analyse la structure du commerce extérieur de l'Union Européenne on constate la position dominante du transport maritime (qui représente plus de 40% des échanges import-export en valeur et près de 70 % du volume des échanges) mais également la place importante de la route et du transport aérien. La comparaison de ces données avec la structure en volume révèle que ces deux derniers modes transportent des marchandises de valeur unitaire beaucoup plus importante que le transport maritime.

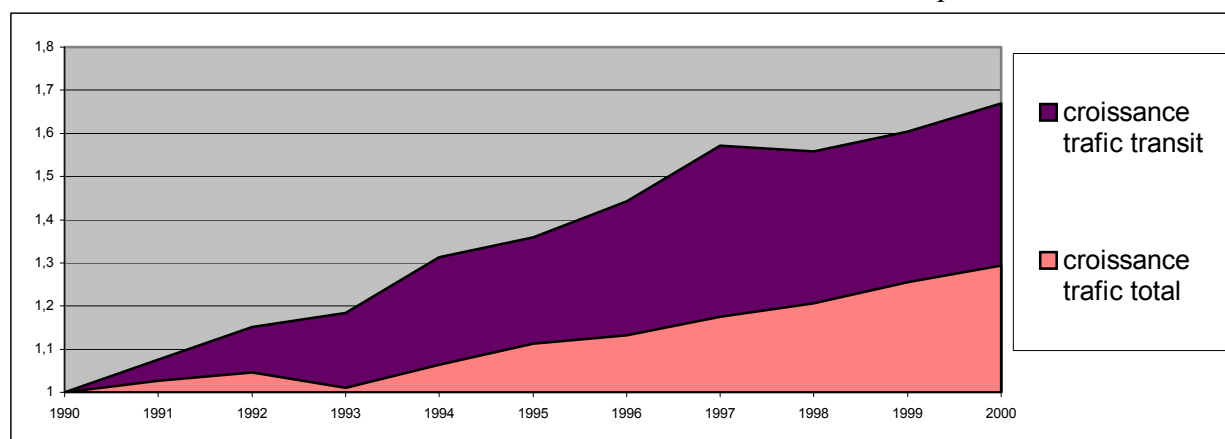
La valeur des marchandises par unité de poids est beaucoup plus importante pour le transport aérien que pour les autres modes de transport.

b- Commerce entre pays de l'Union

Les flux principaux concernent les grands pays de l'Union (France, Allemagne, Grande-Bretagne, Italie, Espagne) mais aussi d'autres pays comme les Pays-Bas ou la Belgique qui disposent d'importantes infrastructures, notamment portuaires (Rotterdam, Anvers,...) et constituent ainsi un point de passage privilégié, se positionnant en carrefour de l'Europe des échanges

1.4 Transit

Evolution du transit / Evolution du trafic total en Europe



(Source : CCTN)

L'internationalisation de l'économie mais également l'ouverture de nouveaux marchés à l'est de l'Europe ont conduit à une forte évolution du transit de marchandises en Europe : le transit a cru de 67% en 10 ans, alors que sur cette même période le trafic total augmentait de « seulement » 29%.

1.5 Distance de transport

Plus de 50% du transport terrestre de marchandises en Europe mesuré en tonnes s'effectue à moins de 50km. Cette observation concernant l'importance des flux à courte distance permet de comprendre la prédominance du transport routier qui, de par sa flexibilité, est naturellement le mode privilégié pour ce type de trajets.

Mais dans le même temps, le fait que 70% des tonnes kilomètres correspondent à des trajets supérieurs à 100km permet d'envisager une répartition modale sur les trajets longues distances qui soit à la fois économiquement acceptable et plus respectueuse de l'environnement.

2 Etude modale

2.1 Le transport routier

Le transport routier représente en 2003, 46% du trafic en volume de marchandises en Europe. Sa part modale, qui n'a cessé d'augmenter, peut s'expliquer par sa grande flexibilité, son faible coût et son adaptation aux systèmes logistiques actuels (flux tendus et juste à temps). Ainsi l'amélioration constante des infrastructures routières et autoroutières, la baisse du prix des carburants et la libéralisation du secteur qui a entraîné une amélioration de la productivité ont permis aux transports routiers des gains de parts de marchés dans tous les grands secteurs.

Les principaux types de marchandises concernées sont :

- Machines, véhicules et matériel de transport, articles manufacturés et divers (chapitre 9 de la NST/R) : 35% des marchandises transportées par la route
- Denrées alimentaires et fourrages (chapitre 1) : 17 % des marchandises transportées par la route

- Minéraux bruts ou manufacturés et matériaux de construction (chapitre 6) :
16 % des marchandises transportées par la route

Le transport routier français se situe à la troisième place en terme de chiffre d'affaires avec plus de 31 milliards d'euros en 2003 (derrière la Grande-Bretagne et l'Italie) et à la première place en terme d'emplois salariés avec 19,5% du total européen.

2.2 Le transport ferroviaire

Le transport ferroviaire de marchandises en Europe offre de nombreuses potentialités qui n'ont malheureusement pas été mise en valeur, contrairement aux Etats-Unis où le fret ferroviaire représente aujourd'hui 40% du transport total de fret alors qu'en Europe, sa faible compétitivité et le manque de concertation à un niveau européen (manque d'infrastructures adaptées au transport moderne, absence d'interopérabilité entre les réseaux...) l'ont fait passer de 20% en 1970 à 7% en 2003. Le trafic des trains de marchandises en France est le second plus important d'Europe (48 830 Mt-km soit 19 % du trafic total) mais représente seulement 60% du trafic allemand (78300 Mt-km).

2.3 Le transport aérien

Le transport aérien est le mode de transport qui a connu la plus forte croissance au cours de ces 20 dernières années. Même si, dans le domaine du fret, il reste encore marginal en terme de volume (environ 0,5% des échanges), son importance en valeur est non négligeable. Ceci est essentiellement dû au fait que son utilisation se limite aux marchandises de grande valeur par unité de poids, son coût étant beaucoup plus élevé que les autres modes de transports et aux trajets de longue distance.

Le trafic de fret aérien des pays de l'UE-15 (en millions de tonnes-kilomètres)

Pays	National	International	Total
Grande-Bretagne	66,8	3196,3	3263,1
Allemagne	109	3045,3	3154,3
France	72,7	1714,4	1787,1
Luxembourg	0	701,1	701,1
Belgique	0,1	961,8	961,9
Pays-Bas	0	1774,4	1774,4
Total UE-15	418,9	14346,7	14765,6

(Source : ICAO, Airport traffic, 2000)

A eux seuls, la France, la Grande-Bretagne, l'Allemagne et le Benelux représente 75% du volume de fret aérien en Europe.

2.4 Le transport maritime

Le transport maritime est le principal mode de transport pour les échanges de l'Europe avec le reste du monde et le rôle des principaux ports européens dans la structure des échanges de marchandises est fondamental

Le trafic de fret des principaux ports européens

Ports	Tonnages totaux des plus grands ports européens en 2003 (en millions de t)	Ports	Tonnages totaux des plus grands ports français en 2003 (en millions de t)
Rotterdam	327,8	Marseille	95,5
Anvers	142,9	Le Havre	71,4
Hambourg	106,3	Dunkerque	50,1

(Source : DTMPL, Journal de la marine marchande)

Le transport maritime sur courte distance (cabotage) est comme nous l'avons vu antérieurement l'un des 2 acteurs majeurs du transport de marchandises en Europe. Le développement du trafic de containers a permis son développement parallèlement à celui du transport routier. C'est un mode de transport de volume et de faible densité de valeur. Les grands ports européens se trouvent principalement dans la zone Manche / Mer du Nord. Malgré son importance actuelle, on estime que le transport maritime en Europe est bien loin d'exploiter toutes ses capacités et devrait pouvoir constituer une alternative crédible à la route.

2.5 Le transport fluvial

Le transport fluvial ne représente plus que 4% du trafic de marchandises transportées en Europe (contre 7% en 1970). Ce mode de transport de marchandises est essentiellement développé aux Pays-Bas où sa complémentarité avec le transport maritime est mise en avant, et dans une moindre mesure en Allemagne et en Belgique. Le transport fluvial, du fait de sa fiabilité et de sa sûreté est particulièrement adapté au transport de marchandises dangereuses ainsi qu'au transport de masses importantes à faible coût sur de longues distances. Le sous développement du transport fluvial français se vérifie avec les données concernant le trafic. Ainsi la France ne représente que 12% du trafic allemand ou 20% du trafic néerlandais...

Le trafic de fret fluvial en Europe en 2000

Pays	Transport fluvial en 2000 (Mtkm)	Pays	Transport fluvial en 2000 (Mtkm)
Allemagne	62000	Belgique	6561
Pays-Bas	37630	Autriche	2025
France	7624	Total	116998

(Source : IWW/INFRAS, External costs of transport update study)

B. LE TRANSPORT DE MARCHANDISES EN FRANCE

Après avoir étudié les caractéristiques principales du transport de marchandises en Europe, nous allons nous focaliser sur la situation actuelle du système de transport de fret en France.

1 Caractéristiques générales

1.1 Une explosion des trafics intérieurs...

Le volume total de marchandises transportées en France est passé de 208,4 milliards de t-km à 354,8 milliards en 2002, soit une augmentation du trafic de plus de 70% (par

comparaison, le PIB n'a augmenté « que » de 59% sur cette même période). Cependant, le tonnage en lui-même n'a que peu augmenté du fait du développement des services (dématérialisation de l'économie) et de l'utilisation de matières premières plus légères.

Evolution du volume total de transports de marchandises en France (en milliards de tonnes-kilomètres)

	1980	1985	1990	1995	2000	2001	2002
Transport routier	98,1	128,4	193,9	227,1	266,5	273,7	277,2
Transport ferroviaire	64,8	54,2	49,7	46,6	55,4	50,4	50
Oléoducs de + de 50 km	34,6	24,1	20,5	22,3	21,7	21,2	20,7
Navigation intérieure	10,9	7,6	7,2	5,9	7,3	6,7	6,9
Total	208,4	214,3	271,3	301,9	350,9	352	354,8

(Source : Eurostat, DAEI/SES)

Le facteur majeur de cette croissance, du fait de l'importance de son trafic, reste la croissance du transport routier national sous pavillon français des véhicules de PTAC supérieur à 3,5 tonnes, qui augmente de 39% et qui explique 57% de la croissance totale du transport de marchandises.

Le rôle joué par le trafic de transit est également de plus en plus important du fait de la position géographique de la France au cœur de l'Europe. Alors que le trafic hors transit en France augmente de 26% entre 1990 et 2003, le volume total des transports de marchandises croît de 31% dans le même temps. Le transit a ainsi connu une hausse considérable de 75% qui, bien que peu importante en volume (seulement 48.7 Gt-km en 2003), est une caractéristique de plus en plus importante dans le système de transport français.

1.2 ... due à l'allongement des distances de transport...

Distances moyennes de transport en 1995 (en kilomètres) et évolutions moyennes 1975/1995

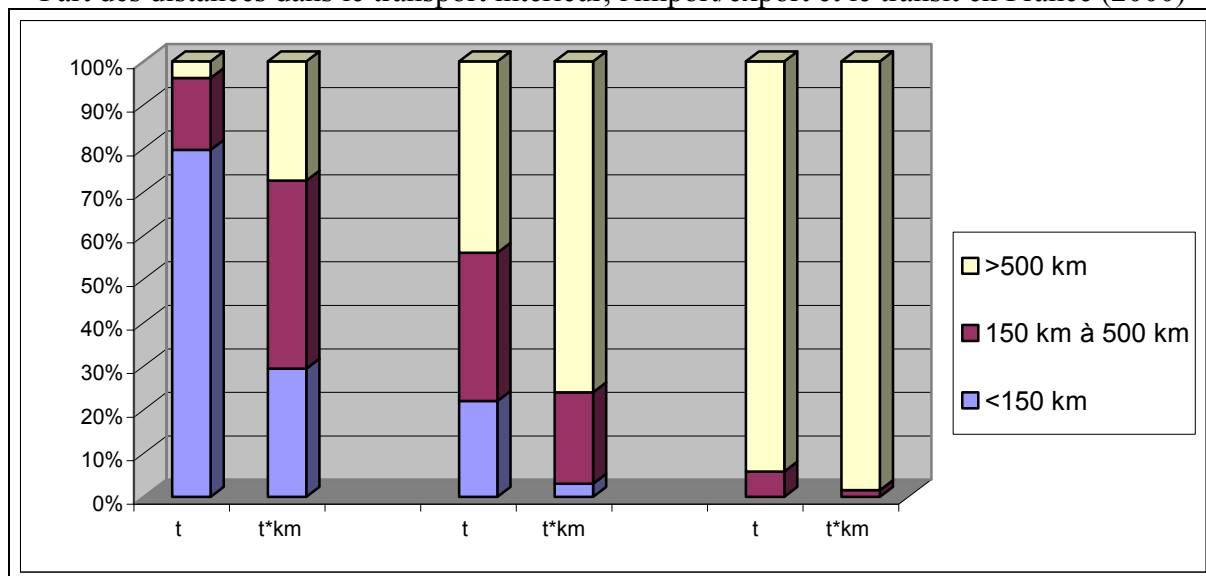
	Tous modes terrestres		TRM (pavillon français uniquement)		SNCF	
	National	International (en France)	National	International (en France)	National	International (en France)
Distances moyennes de transport en 1995	99	277	85	305	350	373
Evolutions 1975-1995 des distances moyennes de transport	38%	16%	71%	-7%	22%	33%

(Source : SES)

Le tableau ci-dessus permet de constater l'allongement des distances de transport de marchandises évoqué précédemment. La distance moyenne pour le transport national a ainsi

progressé de 38% entre 1975 et 1995 pour s'établir à 99 kilomètres alors que la distance moyenne pour le transport international en France augmentait de 16% à 277 kilomètres en 1995.

Part des distances dans le transport intérieur, l'import/export et le transit en France (2000)



(Source : SES)

La part des transports dont la distance excède 500 kilomètres représente plus de 98% des tonnes-kilomètres transitant par la France et 94% du tonnage en transit. Elle représente également environ 80% des tonnes-kilomètres à l'import-export.

1.3 ...et qui profite essentiellement au mode routier.

Evolution de la répartition modale

	1980	1990	1995	2003
Route	47%	71%	75%	79%
Rail	31%	18%	16%	13%
Voies navigables	5%	3%	2%	2%
Oléoducs	17%	8%	7%	6%

(Sources : Rapport Gerbaud-Haenel sur le fret ferroviaire, données CEMT)

Entre 1980 et 2002, le volume transporté par la route à presque triplé (+283%) alors que les volumes transportés par les autres modes ont tous décru : le fer (-23%), le transport par conduites (-40%) et la navigation intérieure (-37%).

La part modale du transport routier en France a augmenté de 32 points en 23 ans, au détriment essentiellement du rail (-18 points) mais également du transport fluvial (-3 points) et du transport par conduites (-11 points)

1.4. Commerce extérieur

Le commerce extérieur de la France n'a pas cessé d'augmenter sur la période 1973-2000 puis a légèrement diminué entre 2000 et 2003. Cette baisse est essentiellement due à la

crise de 2001-2002. Entre 1973 et 2003, le commerce avec nos partenaires européens a connu un taux de croissance supérieur à celui relatif au commerce avec les autres pays du monde traduisant ainsi une coopération européenne de plus en plus efficace au niveau commercial en parallèle de la progression du processus d'intégration politique.

En ce qui concerne les tonnages, deux modes de transports se dégagent principalement : la route surtout pour les échanges intra Union Européenne (59% des importations et 51% des exportations en 2003 contre 39% des échanges intra européens en 1985) ; et la mer pour les échanges extra européens (78% des importations et 71% des exportations contre respectivement 83% et 62% en 1985).

Pour les échanges extérieurs en valeur, la route prédomine également au niveau européen (72% des exportations et 66% des importations en 2003) alors que la mer transporte encore la plus grande part du trafic en valeur au niveau mondial hors Europe, mais la part de l'aérien ne cesse de se renforcer depuis 1985.

1.5 Une importance croissante du transport pour compte d'autrui

Définitions :

- *Transport pour compte d'autrui : transport assuré par un prestataire et effectué pour un client dénommé chargeur*
- *transport pour compte propre : transport où le chargeur est également le transporteur. Celui-ci utilise directement sa main d'œuvre et son matériel de transport.*

Le transport intérieur routier de marchandises des véhicules de PTAC supérieur à 3,5 tonnes, hors transit, a augmenté de 35% entre 1990 et 2003 mais cette hausse correspond à la fois à une forte hausse du transport pour compte d'autrui (+51%) et d'une baisse significative du transport pour compte propre (-12%). En 1990, le transport pour compte propre représentait 26% du transport total, sa part n'est plus que de 17% en 2003 (en tonnes-kilomètres). Si l'on considère cette répartition sous l'angle du tonnage transporté, le compte d'autrui ne représente plus que 55% du trafic contre 45% pour le compte propre. Cette différence de répartition s'explique par le fait que la distance moyenne du transport pour compte d'autrui est de 150 kilomètres alors qu'elle n'est que de 41 kilomètres pour le transport pour compte propre.

Le transport pour compte propre est essentiellement composé de produits agroalimentaires (40%) et de matériaux de construction (30%) tandis que le transport pour compte d'autrui concerne d'abord les produits manufacturés (35%) puis les produits agroalimentaires (30%).

1.6 Nature des marchandises transportées

Concernant les catégories de marchandises, les produits agroalimentaires restent la catégorie la plus importante avec 31% des tonnes-kilomètres, juste devant les produits manufacturés (30%) et les matériaux de construction (17%). Parmi les plus fortes hausses entre 1990 et 2003, on retrouve les produits manufacturés (+122%), le matériel de transport (+95%) et le papier (+43%). Les baisses concernent principalement la fonderie (-31%), les combustibles-minéraux solides (31%) et la chimie de base (-26%).

Ce mode tient une place primordiale pour la plupart des marchandises notamment dans les catégories les plus importantes par leurs trafics : la route représente 78% du total transporté et notamment 81% des produits manufacturés, 83% des produits agroalimentaires et 82% des matériaux de construction.

Les catégories de marchandises les plus transportées par le train sont les produits manufacturés (27% en hausse de 47% par rapport à 1990), les produits agroalimentaires (22% mais en recul de 26% depuis 1990) et les produits de la sidérurgie (14%) pour un trafic global en baisse de 6% par rapport à 1990.

Le transport fluvial qui a perdu 4% de son trafic en tonnes-kilomètres depuis 1990 concerne essentiellement les matériaux de construction (32% mais -29% depuis 1990) du fait de ses grandes capacités unitaires, et les produits agroalimentaires (29% et une hausse de 5% par rapport à 1990).

2 Etude modale

2.1. Le transport routier

La position géographique de la France, ainsi que le développement de son activité économique en fait l'un des principaux pays européens pour les émissions, les réceptions et le transit de marchandises par la route. Les 41062 entreprises de transport routier en France ont généré un chiffre d'affaires de 31,144 milliards d'euros en employant un effectif de 318591 salariés.

La circulation des véhicules utilitaires légers a explosé entre 1980 et 2003 passant de 38 milliards de véhicules-km à 88 milliards de véhicules-kilomètres (+132%) alors que la circulation de poids lourds augmentait également de 83% pour atteindre 33,4 milliards de véhicules-kilomètres. La circulation globale des véhicules routiers de marchandises en France a ainsi progressé de 115% entre 1980 et 2003.

Circulation en France (en milliards de véhicules-km).

	1980	1985	1990	1995	2000	2003
VUL	38	48	66	72	80,1	88
PL	17	15	19	25	26,5	26,4
PL étrangers	1,5	2	3,1	4,8	6,4	7
Total	56,5	65	88,1	101,8	113	121,4

(Sources : USAP/ASFA, SETRA et estimations DAEI/SES)

Répartition par réseau

Ces différentes circulations se répartissent pour les véhicules utilitaires légers à 50% en milieu rural, à 34% en milieu urbain et à 16% pour le trafic autoroutier.

Les poids lourds circule eux à 51% en milieu rural, à 39% sur les autoroutes et seulement à 10% en milieu urbain, en se concentrant essentiellement sur les grands axes autoroutiers du pays (notamment Paris-Lille, Paris-Lyon-Marseille)

La hausse globale de la circulation routière de 10% entre 1998 et 2003 concerne plutôt le réseau autoroutier (+22%) que sur le reste du réseau national (+7%)

Parc de véhicules de transport de marchandises

La diésélisation caractéristique du parc des véhicules particuliers est également visible en ce qui concerne les véhicules utilitaires légers dont le nombre circulant au diesel a augmenté de

25% en 5 ans alors que dans le même temps le nombre de véhicules utilitaires légers évoluant à l'essence diminuait de 20%. Il en résulte une augmentation du nombre global de véhicules utilitaires légers de presque 12% sur cette période de 5 ans. De même, le parc de poids lourds en France a augmenté de presque 4% pour atteindre 555 000 véhicules en 2003.

Parcs moyens (véhicules immatriculés en France, en milliers de véhicules)

	1998	2003	2003/1998
VUL	4822	5390	11,78%
dont essence	1404	1117	-20,44%
dont diesel	3418	4273	25,01%
PL	535	555	3,74%
Total VUL+PL	5357	5945	10,98%

(Source : CCFA)

Depuis 1993, les immatriculations annuelles des véhicules moteurs (camions et tracteurs routiers) ont progressé de 57% alors que celles des véhicules tractés (semi-remorques et remorques) ont plus que doublé.

Par ailleurs, on constate que la structure des ventes de maxi-codes évolue sensiblement vers une augmentation de la puissance moyenne du moteur.

2.2 Le transport ferroviaire

Volume du fret ferroviaire

Le transport ferroviaire représente 13% du volume transporté en 2003.

Le transport international représente la moitié du trafic de fret de la SNCF et la France joue un rôle prépondérant dans les échanges ferroviaires ; elle est ainsi concernée par 3 des 5 flux principaux de ce mode (Belgique, Allemagne, Italie). Néanmoins le fret ferroviaire perd régulièrement des parts de marché au profit du transport routier.

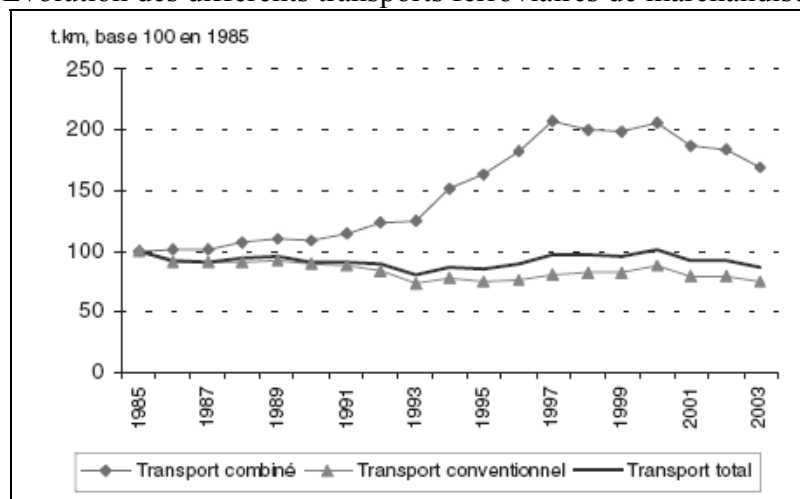
Entre 1980 et 1986, le fret ferroviaire a beaucoup souffert de la crise touchant les transports de produits énergétiques et de biens intermédiaires, alors que ce sont ces produits qui traditionnellement constituaient l'essentiel de son activité. Depuis le trafic ferroviaire s'est stabilisé.

Le trafic de fret ferroviaire se localise essentiellement aux alentours de Paris, dans la vallée du Rhône ainsi qu'aux points de passages frontaliers vers la Belgique, l'Allemagne, l'Italie via les Alpes et la Grande-Bretagne

Transport combiné

Le transport combiné augmentait sensiblement entre 1993 et 1997. Il était essentiellement tiré par le transport combiné en transit, avec l'instauration du marché unique et l'ouverture du tunnel sous la Manche. En 1997, ce mode représentait plus du quart des transports ferroviaires de marchandises (26 %), soit près de deux fois plus qu'en 1985. Depuis, sa part décroît légèrement chaque année avec une perte de 2 points en six ans, à 24,3 % en 2003. Ce mode de transport reste peu développé en France. Cela se traduit par la faible ampleur des échanges directs avec nos voisins (notamment avec l'Allemagne) mais aussi par un volume transit très faible (notamment au départ de l'Espagne). Les principaux axes (Allemagne, Pays-Bas, Italie) n'empruntent quasiment pas le réseau français.

Evolution des différents transports ferroviaires de marchandises



(Source : SNCF)

2.3 Le transport fluvial

Après avoir enregistré une baisse de sa part modale entre 1970 et 1990, celle-ci s'est stabilisée à 3% du trafic de marchandises transportées en tonnes-kilomètres entre 1990 et 2000. Le transport national représente 59% des 6,8 tonnes-kilomètres transportées en 2003. Le trafic fluvial se concentre le long des axes desservis par une voie d'eau à grand gabarit (en particulier en Ile-de-France et dans la vallée du Rhône).

2.4 Le transport maritime

Cabotage

Malgré la position géographique de la France et ses nombreuses ouvertures sur la mer, le transport maritime, notamment le cabotage, est un mode peu développé en France. Le transport maritime assuré par des armements français, qui ne concerne l'acheminement du commerce extérieur français que pour seulement 30% des tonnages, est resté de l'ordre de 100 à 110 millions de tonnes par an depuis trente ans. Au sein de ce trafic, la part effectuée par des navires sous pavillon français représente 60% des tonnages. Sur les trente dernières années, si le trafic est resté assez stable, la flotte battant pavillon français a perdu 40% de ses effectifs et 27% de sa capacité de transport totale, pour se stabiliser aux alentours de 205 à 210 navires et de 4,5 à 5 millions de tonneaux de jauge brute en capacité de transport.

Transport maritime longue distance

Le transport maritime reste néanmoins l'un des modes de transports principaux pour le commerce extérieur. Il constitue même le premier moyen de transports pour les importations et exportations à destination du monde hors Union Européenne en 2003 (exportations : 72% du tonnage et 38 de la valeur, importations : 78% du tonnage et 37% de la valeur). La majorité de ce trafic concerne les produits pétroliers pour les importations avec 159,8 millions de tonnes échangées (dont 86% importées) pour un tonnage total de 357,5 millions de tonnes, soit 45% du total.

2.5 Le transport aérien

Le transport aérien reste un mode de transport marginal pour le fret. Il représente seulement en 2000, 1787,1 millions de tonnes-kilomètres presque entièrement dédié à l'international, la part du trafic national n'est que de 4%.

Vols selon sa nature en 2000 (nombre de mouvements 22h-6h)	Nombre de mouvements (y compris vols spéciaux)	Vols cargo (fret général)	Vols fret express	Vols postaux
Paris CDG	56725	3417	6293	6432

(Source : DGAC)

II. FACTEURS AFFECTANT LA DEMANDE DE TRANSPORT DE MARCHANDISES

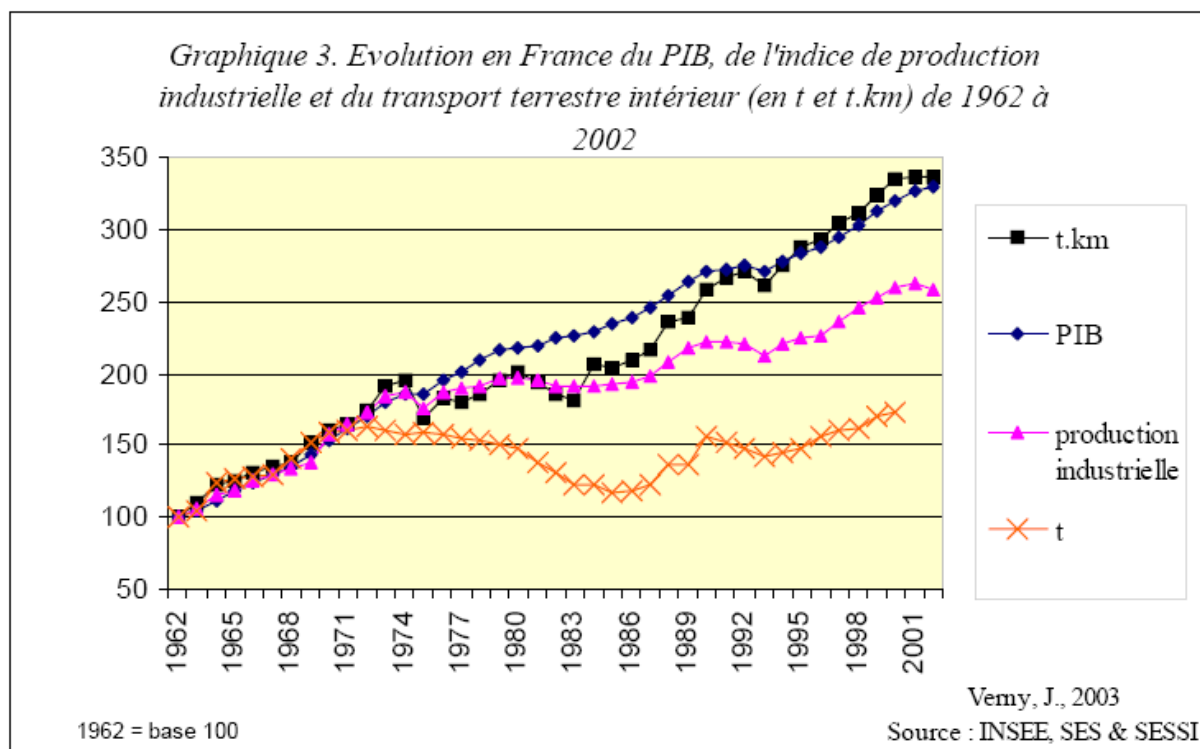
A. FACTEURS EXTERNES

1. Croissance économique

Sur un pays donné, une étude dynamique montre que l'activité de fret est liée à la croissance économique qui représente une des principales variables explicatives. Cependant, une analyse rétrospective semble indiquer une sur-réaction du transport de marchandises à la croissance : l'élasticité du trafic à la croissance varie en fonction du rythme de la croissance et une étude du CGP pour la DATAR (Etudes prospectives transport-2002) souligne par exemple que le fret a tendance à diminuer dans le cas d'une croissance faible.

Le graphique ci-dessous illustre cette relation entre la valeur du PIB et le volume de transport exprimé en tonnes-kilomètres. On peut remarquer que l'évolution comparée de ces deux indices a suivi des logiques différentes suivant les périodes considérées :

- avant 1975 : les indices sont quasiment confondus, ce qui signifie que l'évolution du transport de marchandises se fait au même rythme que la croissance économique (élasticité de l'ordre de 1).
- entre 1975 et la fin des années 80 : alors que la croissance économique continue sur un rythme comparable, on observe une stagnation des volumes transportés (élasticité nettement inférieure à 1). Cette période correspond à une stagnation de l'activité industrielle (liée à une tertiarisation de l'économie) et à une chute spectaculaire des tonnes transportées (du fait notamment de restructurations industrielles vers des matériaux moins pondéreux à plus forte valeur ajoutée).
- depuis 1990, le transport augmente beaucoup plus vite que le PIB (élasticité supérieure à 1). Ceci est notamment dû à une modification des méthodes logistiques qui, à travers la suppression des stocks et la recherche d'une plus grande flexibilité, deviennent beaucoup plus consommatrices de transport.



S'il apparaît évident que l'ampleur de la croissance économique joue un rôle important dans l'évolution du transport de marchandises, il semble nécessaire au vu de l'étude précédente de prendre en compte le contenu qualitatif de cette croissance pour bien cibler les enjeux en terme de fret. Cette remarque pose le problème du découplage dont nous allons évoquer quelques éléments importants dans la partie suivante.

La question cruciale du découplage

L'objectif de découplage entre la croissance économique et le transport de marchandises est inscrit comme un objectif prioritaire du Livre Blanc de la Commission Européenne de 2001 et la possibilité de le mettre en œuvre est un enjeu essentiel et controversé de l'évolution future du transport de fret. L'étude de l'évolution de l'intensité du transport vient renforcer l'idée que les tendances actuelles permettent d'utiliser de moins en moins de transport pour la création de richesses. Une étude menée sur l'Allemagne (que l'on peut extrapoler pour la France) montre ainsi que 0.142 t-km étaient nécessaires pour produire 1 DM de valeur ajoutée en 1960, tandis que 0.118 t-km étaient suffisants pour le même résultat en 1990.

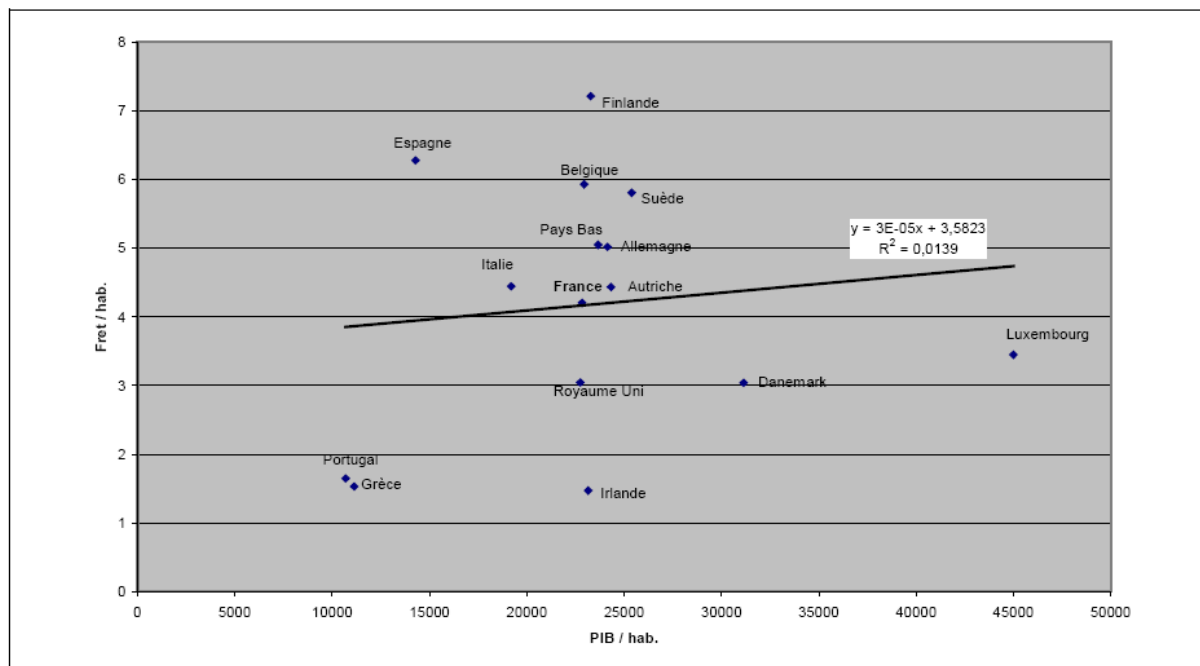
A activité économique donnée, plusieurs approches peuvent être employées pour répondre à cet objectif de découplage:

- Réduction du *flux* des marchandises (mesuré en nombre d'expéditions) : dans ce cas, on cherche à réduire la mobilité en amont en se tournant vers un mode d'organisation créant moins de déplacements.
- Réduction du *volume* de transport (mesuré en tonnes-kilomètres) : vu l'importance prise par l'allongement des distances, le principal levier d'action sera la localisation et la répartition spatiale des activités.
- Réduction du *trafic* (mesuré en véhicules-kilomètres) : on est alors amené à prendre en compte la taille des véhicules, leur taux de remplissage...

Le transport routier étant largement prédominant dans le volume de transport et dans les nuisances associées, l'objectif de découplage se concentre souvent sur ce mode particulier ; la problématique est alors modifiée et met en jeu des reports modaux (fer, fleuve...).

La position de ceux qui pensent qu'un découplage important est possible est étayée par une étude menée par la DATAR sur les pays européens : celle-ci vise à comparer le développement des pays (mesuré par le PIB/habitant) et le volume de fret engendré (mesuré en t-km/habitant). On observe qu'il n'y a pas de corrélation directe entre ces grandeurs.

Niveau de développement et intensité du transport de fret



Ceci met en avant la nécessité de prendre en compte les nombreux facteurs spécifiques à chaque pays pour comprendre le volume de transport (situation géographique, nature du système productif, nature des infrastructures...) ; chacun de ces éléments représentera alors une opportunité de réaliser le découplage.

Pour aller plus loin, on peut mettre en avant que la relation entre production de richesses et transport n'est pas unidirectionnelle : les performances du transport ont également un impact important sur la croissance économique. Un système de transport efficace induit en effet des gains de productivité en permettant notamment une division plus poussée du travail (économies d'échelle, amélioration des qualifications, baisse des coûts d'importation), des mutations structurelles et une ouverture vers des innovations et des techniques de production.

2. Autres variables externes

Un certain nombre d'autres facteurs n'appartenant pas directement à ce secteur ont néanmoins une influence sur les caractéristiques du transport de marchandises.

2.1 Financement

En 2000, la France a consacré 37 milliards d'euros pour son système de transport (ce qui représente 2.6 % du PIB), l'Etat participant à hauteur de 40%. La structure des dépenses

montre que l'Etat est le principal acteur pour le développement du fer tandis que les collectivités locales se consacrent au mode routier. Comme partout en Europe, la part des investissements est minoritaire et a atteint un minimum historique en 2000 (0.8% du PIB).

Les mécanismes de financement des grandes infrastructures ont, pendant très longtemps, fait largement appel à l'endettement. Le système en hérite une dette qui pèse aujourd'hui sur ses marges de manœuvre.

Le développement du réseau autoroutier est construit sur le principe de l'adossement et la pratique des charges différées. Il a généré une dette des sociétés autoroutières qui a atteint en 2002 presque 25 milliards d'euros. Ce dispositif masquait la situation réelle des sociétés et a conduit la Cour des comptes à maintes reprises à attirer l'attention sur un niveau « d'endettement très élevé (qui) va croître encore de façon considérable et dangereuse dans les prochaines années » (rapport de 1999). En assurant la poursuite des investissements sur des tronçons de faible rentabilité, le système de l'adossement a orienté une part non négligeable de l'épargne nationale vers des investissements qui ne correspondent pas forcément à l'optimum économique et social qu'il conviendrait de rechercher en la matière.

Le système ferroviaire est également fortement endetté. La création de RFF s'est accompagnée d'un transfert de la dette de la SNCF vers l'établissement pour un montant de 20,5 milliards d'euros. Celle-ci atteint en 2003 24 milliards d'euros.

Ce surendettement pose aujourd'hui la question du financement des infrastructures de transport : augmentation des financements publics, privatisation des sociétés concessionnaires d'autoroutes, accroissement de la fiscalité et de la tarification des infrastructures, partenariat de financements public-privé... Ces éléments vont conduire à un écart important entre les ressources prévues et les besoins de financement. Il s'agira ainsi de mieux utiliser les infrastructures existantes avant d'en construire de nouvelles et de définir les critères permettant de sélectionner les projets à privilégier. De plus, pour continuer à développer le système de transport, de nouvelles méthodes de financement devront être mises en œuvre (taxes, péages, partenariat public/privé...).

Ces limitations dans les montants alloués au financement auront de fortes répercussions sur le système du transport : elles induiront certainement un renchérissement des coûts du transport (en particulier pour le mode routier) mais pourront également constituer un encouragement à l'innovation.

2.2 Géographie

La structuration du transport de marchandises est fortement conditionnée par la situation géographique du pays à travers 3 types de contraintes :

- *les obstacles naturels*: la France comprend notamment des massifs montagneux qui rendent difficiles la desserte à certaines zones enclavées ou la traversée de domaines transfrontaliers particulièrement importants du point de vue des échanges de biens (les Alpes vers l'Italie ou les Pyrénées vers l'Espagne).
- *les portes d'entrée du territoire* : dans une économie internationalisée, les ports et les aéroports sont des passages privilégiés et vont nécessairement drainer d'importants flux de marchandises. C'est ainsi que les ports du Havre et de Marseille seront des pôles importants qui structureront naturellement les échanges et les trajets des marchandises.
- *les opportunités* : l'importance du domaine fluvial et côtier de la France favorise a priori le développement du transport par navigation intérieure ou par cabotage maritime. Le relativement faible développement de ces modes alternatifs au regard des

possibilités offertes par la situation géographique laisse penser que des marges de manœuvre importantes peuvent être trouvées dans cette direction.

2.3 Démographie

Contrairement à nombre de ses voisins européens, on prévoit que la population française va continuer à croître (pour atteindre entre 62 et 69 millions d'habitants en 2025) ; cette évolution va s'accompagner d'un vieillissement continu de la population (les plus de 60 ans représentant environ 30 % de la population en 2025).

Cette situation aura des conséquences indirectes sur le transport de marchandises qui devra faire face à une demande croissante et à une modification des habitudes et des besoins de consommation. En parallèle, les contraintes imposées par des densités de population importantes vont réduire l'acceptabilité des modes les plus polluants et rendre nécessaire une réorganisation du transport en particulier dans les zones les plus peuplées.

2.4 Mode de vie

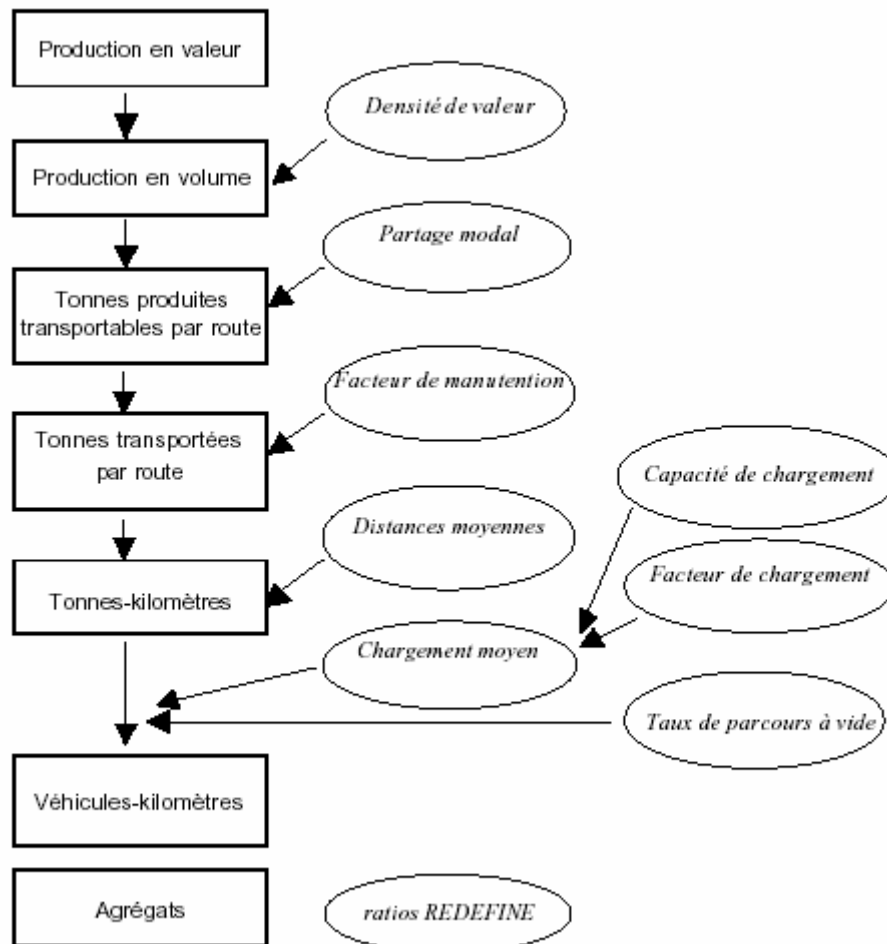
L'organisation et les habitudes de notre société ont également un impact sur le transport qui doit s'adapter à un certain nombre de contraintes :

- les déplacements de population vers le littoral et vers le sud influent fortement sur la demande de transport que ce soit au niveau de la production (certains secteurs doivent s'adapter aux évolutions de la main-d'œuvre) ou au niveau de la distribution finale (puisque'il faut toucher les consommateurs).
- L'organisation de la circulation des marchandises en ville en lien avec la péri-urbanisation est également un enjeu majeur. Le transport de fret urbain doit en effet s'adapter à des villes denses et de plus en plus étalées, où le conflit entre les exigences du consommateur (rapidité, flexibilité) et les attentes du citoyen (cadre de vie, impacts sur la santé...) est particulièrement aigu.

B. FACTEURS INFLUANT SUR LA DEMANDE DE TRANSPORT DE MARCHANDISES

1. Introduction : l'étude REDEFINE

Le programme de recherche REDEFINE initié par la commission européenne vise à comprendre de manière synthétique les liens existant entre la production industrielle, la distribution et la demande de transport de marchandises. La grille d'analyse choisie permet d'établir, au sein de chaque secteur économique, les facteurs explicatifs du passage de la production brute (en valeur) à la mobilité du fret associée (exprimée en véhicules-kilomètres). Dans un souci de simplification, on privilégie l'étude du mode routier qui constitue le mode terrestre de loin le plus utilisé.



(Source : notes de synthèse du SES (mars-avril 2000) - Le programme de recherche « Redefine » ou comment analyser l'organisation logistique d'un secteur)

On retiendra 3 éléments particulièrement importants pour déterminer les caractéristiques (volume et partage modal) du transport au sein d'un secteur:

- Les échanges internationaux qui peuvent intervenir au cours de l'étape de production (échanges de biens intermédiaires indispensables à la production finale) ou qui peuvent concerner directement des produits finis. L'ampleur et le sens de ces échanges (importation ou exportation) dépendra évidemment du secteur concerné.
- Les propriétés des biens produits (*densité de valeur*) qui seront très variables d'un secteur à l'autre et qui détermineront les modes de transport les plus adaptés (*partage modal*)
- L'organisation logistique des entreprises caractérisée de manière simplifiée par quelques ratios : le *facteur de manutention* (qui constitue un indicateur de nombre de maillons de la chaîne d'approvisionnement), la *distance moyenne* parcourue entre la production et la distribution et le taux de remplissage (qui met en jeu le *chargement moyen* et le *taux de parcours à vide*)

2. Volume et structure des échanges

Structure des échanges

Le commerce extérieur joue un rôle de plus en plus important dans le volume et la répartition modale du transport de marchandises français : le trafic intérieur de marchandises exportées ou importées représentait 35 % du trafic total (contre seulement 22% en 1985) et la nature des biens échangés aura une influence importante sur l'organisation du transport national.

La structure par produits de la balance commerciale donne une indication de la nature des mouvements de marchandises nécessités.

Structure par produits de la balance commerciale (% du PIB)

	1986	2001
Alimentaire	+0.56	+0.96
Energie	-1.84	-1.43
Biens intermédiaires	-0.28	-0.19
Biens d'équipement	+0.48	+1.36
Biens de consommation	-0.21	-0.56

(Source : statistiques mensuelles du commerce extérieur de l'OCDE)

Le pays se spécialise ainsi dans l'exportation de biens d'équipement tandis qu'on observe une forte dégradation de la situation pour les biens de consommation qui prennent une part importante dans le volume des exportations.

Internationalisation de l'économie française

Ce phénomène d'internationalisation de l'économie française se traduit par une diminution régulière de l'approvisionnement domestique (qui est passé de 61% en 1987 à 46% en 2003), tandis que parallèlement les approvisionnements en Europe passaient de 30% à 36% et ceux inter-continentaux de 9% à 18%.

De même pour la distribution géographique des ventes pour lesquelles la part domestique diminue de 16 points (passant de 73% en 1987 à 57% en 2003) pendant que les ventes en Europe progressaient de 12 points (19% en 1987 et 31% en 2003) et les expéditions intercontinentales gagnaient 4 points (8% en 1987 et 12% en 2003). Ceci explique en partie l'augmentation du trafic des transports de marchandises observée depuis plusieurs années.

Conséquences sur la répartition modale

Le transport maritime joue un rôle essentiel dans le commerce extérieur puisque plus de la moitié des échanges internationaux l'empruntent (ce chiffre atteignant 75% quand intervient un partenaire extra-européen). Par contre, le cabotage maritime pour des échanges avec nos voisins reste encore marginal. Les ports français sont ainsi principalement concernés par les échanges de produits pétroliers, de vrac comme le charbon ou les céréales et de produits manufacturés transportés en container, cette dernière catégorie connaissant la croissance la plus importante.

Le transport aérien tient aussi une place privilégiée dans les échanges de l'Union Européenne avec le reste du monde : si les marchandises transportées par avion ne constituent que 0.2% du tonnage, elles représentent 15 % de la valeur des échanges.

Enfin, les modes terrestres sont principalement impliqués dans les échanges intra-européens (même s'ils participent aussi aux trajets terminaux des échanges extra-européens, certains biens pouvant ainsi transiter par des ports étrangers avant d'être acheminés en France par la route ou le fer). Ce trafic international représente 50 % du fret ferroviaire, 40 % du fret fluvial et 35 % du fret routier, toutes ces proportions étant en constante augmentation.

Volume des échanges de la France en 2002 (importations+exportations)

		Mer	Air	Route	Fer	VN	Total
Volume (kt)	UE	66969	129	148944	21146	14314	268685
	Pays tiers	160038	663	20113	2359	2570	212012
Valeur (Meuros)	UE	67534	16014	261511	19609	2012	389715
	Pays tiers	112178	77758	65570	2517	242	299953
Densité de valeur (euros/kg)	UE	1	124	1.8	0.93	0.01	1.45
	Pays tiers	0.7	117	3.3	1.1	0.09	1.41

3. Nature des activités et structure de l'économie

Comme le montre le tableau ci-dessous, la structure de l'économie française a fortement évolué au cours des dernières décennies avec un dynamisme des activités dépendant fortement du secteur concerné. Or, l'importance relative des différentes activités au sein de l'économie détermine directement la nature des marchandises à transporter et donc le mode qui sera privilégié ; on assiste en effet à une répartition modale très différenciée suivant la cargaison considérée.

	1980	2004	Evolution 2004/1980	Dynamisme du secteur (*)
Agriculture, sylviculture, pêche	25,5	36,9	+44%	-
Industrie	146,8	237,9	+62%	0
Industries agricoles et alimentaires	24,6	26,0	+6%	--
Industries des biens de consommation	28,2	39,9	+41%	-
Industrie automobile	8,7	14,4	+66%	0
Industries des biens d'équipement	20,8	45,1	+117%	++
Industries des biens intermédiaires	44,1	80,8	+83%	+
Energie	22,6	31,9	+41%	-
Construction	69,1	72,2	+4%	--
Services principalement marchands	376,9	738,4	+96%	+
Services aux entreprises	95,8	221,3	+131%	++
Ensemble	807,2	1 372,8	+70%	
(*) -- : croissance bcp plus faible que la moyenne ++ : croissance bcp plus forte que la moyenne - : croissance plus faible que la moyenne + : croissance plus forte que la moyenne 0 : croissance comparable à la moyenne				

(Source : Comptes nationaux - Base 2000, Insee)

Répartition modale suivant la marchandise transportée (%)

	Route (compte d'autrui)	Route (compte propre)	Fer	Voies navigables
Articles manufacturés	83	7	9	0.3
Matériaux de construction	56	28	11	5
Denrées alimentaires	70	18	11	0.4
Produits agricoles	64	20	14	2
Produits chimiques	67	7	23	2
Produits pétroliers	45	16	35	3

(Source : DAEI-SES – SITRAM Les transports de marchandises en 2002)

On observe ainsi que les modes alternatifs à la route ont des rôles très différenciés. Les voies navigables ont un rôle marginal pour les denrées alimentaires ou les articles manufacturés alors que leur importance est 10 fois plus grande pour les matériaux de construction et se révèle donc non négligeable. De même, le fer tient encore une place majeure dans le transport de produits pétroliers tandis qu'il est 4 fois moins important pour les articles à haute valeur ajoutée comme les produits manufacturés.

On constate de même au sein du mode routier une prédominance du transport pour compte d'autrui, mais l'ampleur de l'écart dépend grandement de la cargaison (d'un facteur 2 pour les matériaux de construction à un facteur 12 pour les articles manufacturés).

Ainsi, les caractéristiques du produit (valeur ajoutée, périssabilité, liquide ou solide...) sont un paramètre essentiel pour déterminer le mode d'acheminement le plus adapté (et donc le plus utilisé).

Pour évaluer plus concrètement l'importance de la modification de l'économie dans l'évolution des parts modales, on compare les deux facteurs essentiels pour déterminer la répartition modale : la structure de la production et la compétitivité entre modes (prix relatifs très favorables à la route).

Evolution du transport domestique, par mode (Gt-km)

	Route	Fer	Voie navigable	Total
Constaté en 1980	107	39	7	152
Calculé en 2000 dans l'hypothèse (1)	136	49	9	194
Calculé en 2000 dans l'hypothèse (2)	145	43	6	194
Constaté en 2000	163	27	4	194

Hypothèse (1) : structure de la production de 1980
partage modal intra-branche de 1980

Hypothèse (2) : structure de la production de 2000
partage modal intra-branche de 1980

La comparaison des deuxième et troisième lignes montre que l'évolution structurelle de l'économie est globalement favorable à la route (les secteurs fort consommateurs du mode routier ont plus progressé). Entre 1980 et 2000, on constate ainsi que sur les 56 Gt-km (163-107) gagnés par la route, 38 Gt-km (145-107) sont dus à l'évolution de l'économie

indépendamment des modifications de compétitivité. Par contre, une analyse similaire montre que la perte de compétitivité est le facteur essentiel de l'érosion des modes ferroviaire et fluvial.

En parallèle de ces restructurations industrielles, on assiste à une tertiarisation des activités productives qui se traduit par l'importance de plus en plus grande des facteurs immatériels, cette tendance étant d'autant plus marquée que l'on s'intéresse à des industries de haute technologie. Ainsi, la recherche, le marketing, la conception... sont des composantes de plus en plus importantes dans le prix du produit, au détriment des matières premières ou des salaires ouvriers. Or, le transport entre clairement dans cette catégorie des éléments matériels indispensables à la diffusion des produits mais dont le coût ne représente plus qu'une faible part du prix du produit.

4. Organisation logistique

Le transport est la composante centrale de l'activité logistique qui se doit de répondre aux exigences de raccourcissement des délais, de flexibilité et de minimisation des stocks à l'œuvre dans l'économie moderne. De ce point de vue, l'organisation logistique d'une entreprise peut être vue comme un réseau s'articulant autour :

- de nœuds : sites de production, entrepôts, plates-formes logistiques à vocation nationale ou internationale, espaces logistiques urbains dédiés à la distribution dans une agglomération
- d'arcs : axes de circulation permettant de faire la liaison entre les différents nœuds.

Distance moyenne : Les tendances actuelles sont à une polarisation croissante de l'appareil productif permettant de réaliser des économies d'échelle tant au niveau de la fabrication que de la gestion des stocks. L'élargissement des aires de marché accompagnant cette évolution se traduit inévitablement par une augmentation des distances parcourues : les coûts de transports supplémentaires sont largement compensés par des gains de productivités. En parallèle, on assiste à un mouvement de spécialisation des entités productives qui obéit à une logique similaire et qui va conduire à une multiplication des trajets intra-entreprise : les biens qui étaient produits auparavant sur un site unique doivent maintenant souvent passer par plusieurs sites correspondant aux différentes étapes de sa conception. Ces tendances dépendent évidemment des biens considérés : plus le produit a une valeur spécifique élevée (produit de haute technologie), moins le coût de transport a d'importance et donc plus la situation ci-dessus prend de l'importance.

L'étude REDEFINE citée ci-dessus a ainsi mis en évidence une augmentation de la distance moyenne parcourue de 37 % entre 1985 et 1995.

Chargement moyen : on pourrait penser que les nouvelles méthodes de l'économie « flexible » (flux tendus, juste-à-temps) devraient causer une explosion du trafic ; en effet, la priorité accordée aux contraintes de délais pourrait conduire à une circulation à charge réduite nécessitant une multiplication des trajets.

Or c'est la tendance inverse qu'on observe en France : la rationalisation des flux (dans un souci de compétitivité) a permis une augmentation de 23 % du chargement moyen entre 1985 et 1995. Celle-ci est due à l'augmentation conjointe de la capacité de chargement (+15%) et du facteur de chargement qui représente le pourcentage de remplissage sur les parcours en charge (+7%). Une analyse sectorielle montre d'ailleurs qu'on assiste à de fortes progressions du chargement moyen pour quasiment tous les produits (sauf textile et machines)

	Produits agroalimentaires	Produits pétroliers	Matériaux de construction	Produits manufacturés	Textile
Evolution 1985-1995 du chargement moyen (parcours en charge)	+38%	+50%	+17 %	+22 %	-12 %

(Source : note de synthèse du SES (mai-juin 2000) – l'augmentation du chargement moyen des véhicules routiers en Europe)

Combinée à une diminution du taux de parcours à vide (-21 %), ces tendances montrent que, globalement, l'augmentation du trafic est tempérée par l'amélioration des conditions du transport routier.

Répartition modale :

Les évolutions de la demande des chargeurs évoquées ci-dessus et notamment la nécessité d'une meilleure réactivité sont favorables à une utilisation plus intense du transport routier (au détriment du fer et du fleuve) qui se révèle être le plus apte à s'adapter en permanence à une demande fluctuante. Le fractionnement des lots conduit de plus à privilégier la messagerie, c'est-à-dire le transport de lots de petite taille (largement inférieure à la capacité des véhicules) avec nécessité d'un passage par une plate-forme logistique pour effectuer une collecte de flux massifiés et l'éclatement en livraisons hétérogènes.

C. FACTEURS INFLUANT SUR L'OFFRE DE TRANSPORT DE MARCHANDISES

1. Technologie et normes

1.1 Technologie

Le développement et la diffusion des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) a un impact important sur la gestion des flux de marchandises. Ces technologies apportent un gain de productivité non négligeable.

Le recours à la localisation par satellite (systèmes GPS et prochainement GALILEO) permet non seulement de coordonner le suivi des marchandises et des véhicules en temps réel mais également de développer des applications de contrôle du respect de la réglementation et de tarification différenciée des infrastructures.

La contrainte énergétique et avant tout celle liée au pétrole déterminera fortement les transports de marchandises dans un proche avenir. Les industriels et les chercheurs développent ainsi de nouveaux types de motorisation et de carburants pour répondre à cette contrainte. Parmi les solutions envisagées pour la motorisation du transport routier, transport le plus consommateur de produits pétroliers :

- une motorisation diesel dont la consommation serait fortement réduite pour augmenter fortement une efficacité énergétique pour l'instant très mauvaise comparativement aux autres modes de transports, aviation mise à part.
- le développement de motorisations de type hybride combinant un moteur diesel et un moteur électrique.
- le passage, pour les véhicules utilitaires légers à une motorisation électrique.

- enfin l'avenir à plus longue échéance pourrait voir l'apparition de la pile à combustible fonctionnant à l'hydrogène. La difficulté majeure actuellement concerne la production et la distribution de l'hydrogène qui nécessite une énorme consommation d'énergie primaire.

Pour les carburants, il faut citer le gaz de pétrole liquéfié (GPL), le gaz naturel pour véhicules (GNV), les biocarburants et carburants de synthèse. Ceux-ci présentent différents intérêts en matière de consommation d'énergie, d'émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effets de serre et font l'objet de recherches importantes de la part des industriels.

1.2 Réglementation technique

Elle porte sur un vaste champ qui est aujourd'hui pris en charge par les instances européennes. En agissant sur la productivité, elle s'impose comme un déterminant de l'offre de transports à un instant donné.

Un des points les plus débattus concerne les dimensions et le poids des véhicules de transport routier de marchandises, afin d'aboutir à une harmonisation européenne. Le poids maximal autorisé en charge est aujourd'hui de 40 tonnes, accompagné d'une dérogation à 44 tonnes afin d'encourager le transport intermodal rail-route. En cas d'extension à tout le trafic du maximum de 44 tonnes, la capacité de transport s'en trouverait fortement accrue, et le trafic (en véhicules-kilomètres) à quantité de transport inchangé (en tonnes-kilomètres) en serait diminué d'autant. Mais cette extension renforcerait encore la compétitivité du transport routier. Cette conséquence ne semble pas être compatible avec le besoin d'un rééquilibrage vers des modes plus respectueux de l'environnement.

En ce qui concerne la capacité de chargement des autres modes de transports, celle-ci n'a que peu varié pour le ferroviaire et le fluvial mais elle a fortement augmentée dans l'aérien, avec le passage du 707 de capacité inférieure à 40 tonnes dans les années 60 à l'A380 dont la capacité sera de l'ordre de 150 tonnes en 2010. Les capacités de chargement ont également explosé dans le transport maritime avec l'apparition de porte-conteneurs de 9000 EVP (Equivalent Vingt Pieds, unité de mesure des conteneurs) soit 9 fois plus qu'en 1960.

1.3 Normes

Les normes européennes imposent, en parallèle des progrès technologiques, des niveaux d'émissions de plus en plus stricts. Entre 1990, année d'entrée en vigueur de la norme EURO 0, et 2009 qui verra l'application de la norme EURO V, les taux d'émissions de NOx auront été divisées par 7, celles de CO par 8, celles de HC par 5 et les taux d'émissions de particules par 18.

Evolution des normes d'émissions applicables aux véhicules de PTAC supérieurs à 3,5t

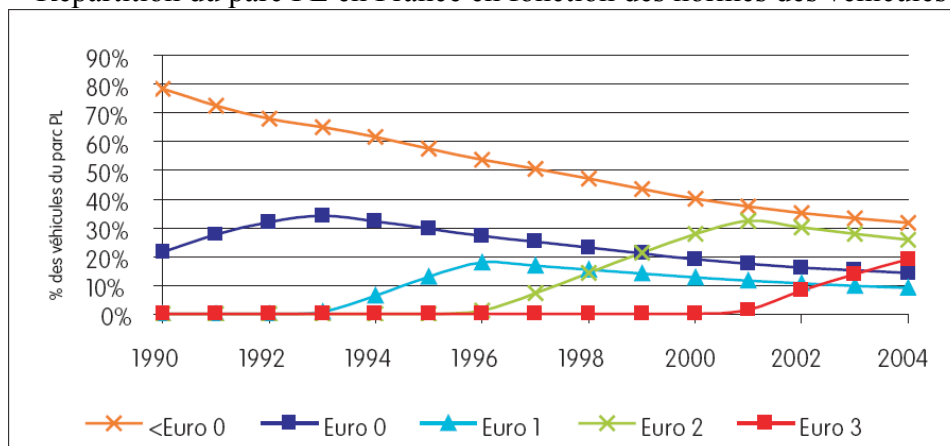
	EURO III/EURO 0	EURO IV/EURO III	EURO V/ EURO IV
HC	-72,5%	-30,3%	0,0%
CO	-81,3%	-28,6%	0,0%
Nox	-65,3%	-30,0%	-42,9%
Particules	-	-84,6%	0,0%

(Source : SES, CITEPA)

Les normes successives produisent leurs effets au fur et à mesure du renouvellement du parc. Cette politique de normes peut également être renforcée par la mise en place d'une

fiscalité et/ou d'une tarification des infrastructures différenciée selon la norme satisfaite par le véhicule considéré. L'outil que représentent les normes permet aux pouvoirs publics d'agir directement sur la composition du parc de véhicules et donc sur l'offre de transports.

Répartition du parc PL en France en fonction des normes des véhicules



(Source : DTT)

2. Infrastructures

Les infrastructures sont un élément clé de la politique des transports car la politique d'infrastructure est un des déterminants principaux pour le développement même du trafic mais également pour la répartition modale. Elles constituent donc l'un des principaux déterminants de l'offre de transports de marchandises.

Depuis 1970, on assiste en Europe d'une part à un fort développement du réseau autoroutier et d'autre part à une rationalisation des réseaux ferroviaires et fluviaux. Le réseau européen d'autoroutes a ainsi cru de plus de 220% et, parallèlement, les voies ferrées perdaient 12% et les voies navigables presque 9% de leurs réseaux respectifs. Le fort développement du réseau routier et autoroutier en Europe depuis plus de trente ans est à mettre en relation avec l'évolution de la répartition modale de 1970 à nos jours. On constate alors que ces investissements ont eu pour principale conséquence de promouvoir le mode routier aux dépens des autres modes.

La France s'inscrit tout à fait dans ces tendances avec un très gros effort de mise à niveau de son réseau autoroutier depuis 1970 mais un raccourcissement de son réseau ferroviaire de 12,5% et de ses voies navigables de presque 23%

La France est l'un des pays d'Europe les mieux dotés en matière d'infrastructures de transport. Le pays dispose ainsi du 2^{ème} réseau autoroutier derrière l'Allemagne avec 11000 kilomètres, du plus important réseau routier avec 977000 kilomètres, du second réseau pour les voies ferrées électrifiées (14220 kilomètres) ainsi que pour les autres voies ferrées (17380 kilomètres) et du 3^{ème} réseau de voies navigables d'Europe derrière l'Allemagne et la Finlande avec 5732 kilomètres.

Les investissements en infrastructures de transports, hors TCU, sont principalement dédiés à la route avec, en 2003, 70% des investissements totaux contre 17% au chemin de fer et 13% aux autres infrastructures parmi lesquelles : les ports (4%), les aéroports (8%) et le fluvial (2%).

Les investissements dans le réseau routier sont stables, alors que le niveau de ceux destinés au réseau ferré ont connu de fortes coupes notamment de 1992 à 1995 et de 1998 à 2001 pour finalement se situer aujourd'hui à un niveau plus faible qu'en 1990. A l'inverse les

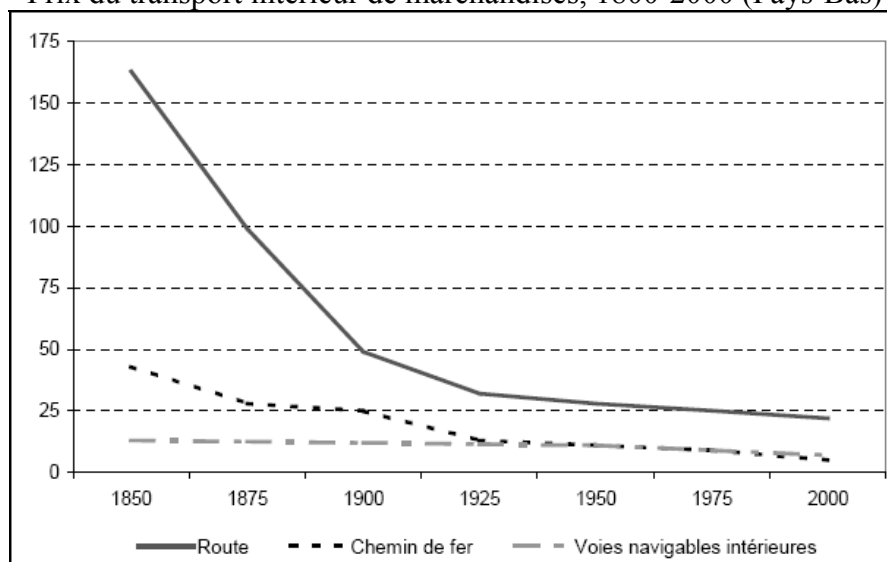
investissements concernant les autres infrastructures (ports, aéroports, voies navigables) sont en augmentation de 1999 à 2003, notamment ceux relatifs aux ports maritimes (+150% entre 1995 et 2003).

3. Prix des transports

Description des évolutions des prix du transport

Le prix de transport est un des facteurs essentiels de la compétitivité entre les différents modes. Le transport routier du fait de sa prédominance par rapport aux autres modes de transport de fret impose ses prix aux autres modes qui ne peuvent que s'aligner. Les coûts du transport routier sont relativement faibles du fait de la non internalisation de nombreux effets externes générés par ce mode de transport.

Prix du transport intérieur de marchandises, 1800-2000 (Pays-Bas)



(Source : CEMT)

Le prix du transport routier a fortement diminué depuis 1850 pour rattraper les prix des autres moyens de transports tels que le chemin de fer ou les voies navigables. Cette forte baisse a contribué à fortement améliorer la compétitivité du mode routier. Les prix des modes ferroviaire et fluvial sont beaucoup plus stables dans le temps, malgré une légère baisse pour le fer entre 1850 et 1925 qui lui a permis de rattraper le niveau de prix du transport fluvial.

Sur la période récente (1985-1995) les prix du fret ferroviaire et routier en France suivent globalement la même évolution. Le prix du transport routier a ainsi baissé de 35% en 15 ans, contraignant, du fait de sa position dominante, le transport ferroviaire à s'aligner. Entre 1990 et 2003, seul le prix au véhicule-kilomètre concernant des transports de courte distance en France a connu une hausse de plus de 20% durant cette période, les prix en zones longues étant jusqu'à deux fois moindre que les prix en zone courte

Facteurs influant sur le prix du transport

C'est la longueur du trajet qui influe le plus sur le prix de la tonne-kilomètre. Ainsi le prix à la tonne-kilomètre est une fonction décroissante de la distance et du poids du transport :

le SES a estimé que l'élasticité du prix à la tonne-kilomètre par rapport à la distance était proche de -0,5 et celle calculée par rapport au poids valait environ -1. Les autres caractéristiques du transport comme la nature de la marchandise, son conditionnement, le type de relation commerciale avec le client semble influencer également sur le prix mais dans une moindre mesure. Ainsi une étude réalisée par le SES nous indique que la distance et le poids expliquent respectivement 20,8% et 52,3% (total : 73,1%) de la dispersion des prix de la tonne-kilomètre. Quand on tient compte de tous les autres paramètres évoqués précédemment ce taux passe seulement à 73,8%.

Les prix du transport routier de marchandises suivent l'évolution des coûts des facteurs de production du TRM avec un léger décalage dans le temps (estimé à quatre mois par le SES). Ils subissent également l'influence de la conjoncture économique.

III. TRANSPORT DE MARCHANDISES – TENDANCES

Nous allons présenter ici quelques études qui se proposent d'évaluer les évolutions futures du transport de marchandises.

A. ETUDE DU SES : LA DEMANDE DE TRANSPORT EN 2025

La méthode utilisée repose sur un modèle économétrique qui estime la demande de transport à partir de variables explicatives sur lesquelles il convient de faire des hypothèses

1. Hypothèses générales

1.1 Croissance économique

TCAM en %	1980/2002	Scénario central 2002-2025
PIB	+2,1%	+1,9%

Cette hypothèse de croissance du PIB est basée sur les prévisions issues de la Direction de la Prévision du ministère des finances. Les prévisions pour 2002-2025 considèrent une croissance assez forte en début de période suivie d'un ralentissement progressif.

1.2 Prix des modes de transport

	Rappel 2002	Scénario central 2025
Prix du baril de pétrole en \$	24,9 \$	35 \$
Taux de change €-\$	1 € = 0,94 \$	1 € = 1 \$

Le prix du pétrole en France dépend non seulement du prix du baril sur les marchés internationaux mais également de la parité euro/dollar.

Hypothèses de prix des transports de marchandises (en %)

	Taux annuel moyen 1990/2002	Scénario central	
		Taux annuel moyen 2002/2025	Croissance totale 2002/2025
Prix du transport routier	-0,6	+0,36	+8,6
Prix du transport ferroviaire	-2,5	stable	0
Prix du transport fluvial	nd	stable	0

La hausse du prix des transports routiers incorpore la hausse du prix du pétrole à 2025. La stabilité des prix des modes alternatifs tient compte non seulement des progrès organisationnels et technologiques mais aussi des politiques de soutien destinées à favoriser le développement de ces modes.

1.3 Infrastructures de transport

La projection concernant le réseau autoroutier suit les décisions annoncées lors du CIADT de décembre 2003 (qui seront détaillées un peu plus loin).

Longueur du réseau autoroutier (en kilomètres)

	2002	Scénario central	
		Mises en service entre 2002 et 2025	2025
Longueur totale des autoroutes	10073	4792	14865

On intègre également aux projections la réalisation de 3 grands projets d'infrastructures non routiers qui devraient être mis en service avant 2025 :

- Perpignan-Figueras (fer)
- Canal Seine-Nord Europe (fluvial)
- Lyon-Turin (fer)

2. Demande de transport de marchandises

L'étude réalisée par le SES porte sur les transports de marchandises nationaux et internationaux (y compris le transit) pour les modes routiers, ferroviaires et fluviaux, à l'exception du transit rhénan exclu des projections du transport fluvial. Les prestations réalisées par des transporteurs étrangers sont également prises en compte.

Evolution de la demande de transports de marchandises en scénario central

	Croissance annuelle moyenne en %		Milliards de tonnes- km	
	1980/2002	2002/2025	2002	2025
Transport routier	2,9	1,5	257	365
Transport ferroviaire	-1,2	1,2	50	66
Transport fluvial	-2	0,5	6,9	7,8
TOTAL	1,8	1,5	314	439

On constate à la fois une hausse globale prévue de près de 40% entre 2002 et 2025 du transport de marchandises dont profiteront tous les modes (Route : +42%, Fer : +32%, Voies Navigables : +13%), mais également un léger renforcement de la part modale du transport routier à l'horizon 2025 au détriment du transport ferroviaire. Ce renforcement peut s'expliquer par le fait que la croissance du secteur des biens de consommations manufacturés, pour qui la route est le mode de transport principal, sera plus soutenue que celle des autres secteurs.

Néanmoins la croissance prévue pour la période 2002-2025 montre un ralentissement par rapport à la période précédente. Ce net ralentissement, notamment concernant les transports routiers (+1,5% au lieu de +2,9%), est principalement dû à la hausse du prix du transport routier et à un degré moindre par le ralentissement de la croissance économique. Cette hausse de prix se traduit à la fois par une perte de trafic pour la route et également par un report modal, celui-ci restant inférieur à la perte de trafic routier.

Le SES dans son étude justifie la croissance du fret ferroviaire, d'une part par la mise en service de deux infrastructures majeures (Perpignan-Figueras avant 2010 et Lyon-Turin avant 2025), d'autre part par la hausse des prix routiers entraînant un report modal et enfin, dans une moindre mesure, par la croissance des biens de consommation.

Le fret fluvial devrait également connaître un retour à la croissance (en grande partie dû à la réalisation du canal Seine-Nord Europe), celle-ci demeurant malgré tout modeste.

Evolution du partage modal en scénario central

	1980	2002	2025
Transport routier	65%	82%	83%
Transport ferroviaire	30%	16%	15%
Transport fluvial	5%	2%	2%

3. Sensibilités à différents paramètres

Pour évaluer les perspectives de croissance du transport de marchandises, différents tests de sensibilité sont réalisés afin de mettre en évidence l'ampleur des changements induits sur les prévisions de mobilité du fret par une modification de certaines hypothèses critiques du modèle. Les paramètres explicatifs étudiés les plus critiques sont la croissance économique et le prix du transport routier.

3.1 Sensibilité à la croissance économique

On observe que, dans tous les cas, la croissance annuelle du volume de transport est un peu plus faible que celle de la croissance économique (relatif découplage). Il est cependant à noter que dans le cas d'une croissance forte (+2.3% par an), le volume de transport de fret suit quasiment la même évolution que la croissance. Ainsi le rythme que suit la croissance économique va conduire à des régimes différents, une croissance plus forte produisant une consommation de transport proportionnellement plus importante.

Sensibilité du transport de marchandises aux hypothèses de croissance économique (en %)

TCAM 2002/2025	Croissance faible	Scénario central	Croissance forte
PIB	+1,5	+1,9	+2,3
Transport routier	1,2	1,5	2,2
<i>en Gtk</i>	341	365	426
Transport ferroviaire	0,8	1,2	1,9
<i>en Gtk</i>	60	66	77
Transport fluvial	0,2	0,5	1,5
<i>en Gtk</i>	7,3	7,8	9,7
TOTAL	1,2	1,5	2,2
<i>en Gtk</i>	409	439	512

3.2 Sensibilité au prix du mode routier

On propose ici 3 évolutions possibles suivant le schéma d'évolution du prix du transport routier, dont on a déjà souligné qu'il jouait un rôle central dans la répartition modale du fret.

Récapitulatif des hypothèses de prix routier (en %)

	TCAM du prix routier
Baisse du prix routier	-0,44
Scénario central	+0,36
Forte croissance du prix routier	+0,72

Le TCAM du prix routier dans un scénario de baisse du prix routier inclue notamment le passage aux 44 tonnes.

Effet des hypothèses de prix du transport routier de marchandises (en %)

TCAM 2002/2025	Baisse du prix routier	Scénario central	Forte croissance du prix routier
Transport routier	1,9	1,5	1,4
<i>en Gtk</i>	393	365	354
Transport ferroviaire	0,8	1,2	1,4
<i>en Gtk</i>	60	66	69
Transport fluvial	0	0,5	0,7
<i>en Gtk</i>	7	7,8	8,2
TOTAL	1,7	1,5	1,4
<i>en Gtk</i>	460	439	431

On observe un effet totalement dissymétrique de ce paramètre : une forte diminution du prix routier conduit à une relativement forte augmentation du volume de ce mode (et indirectement à un tassement des autres), mais même une forte augmentation du prix routier n'a que peu d'influence sur le volume de transport routier et n'induit qu'un report modal marginal.

4. Circulations de poids lourds

Cette partie tient compte de l'hypothèse d'une augmentation du chargement moyen des poids lourds de 0,2% par an.

Valeurs en scénario central (en milliards de véhicules-kilomètres)

	2002	2010	2025	TCAM 2002/2010	TCAM 2002/2025
VUL essence	9,9	9,5	10,9	-0,50%	0,40%
VUL diesel	76	93,5	130,4	2,60%	2,40%
Total VUL	85,9	103	141,3	2,30%	2,20%
PL	36,8	41	50,1	1,40%	1,40%
Total	122,7	144	191,4		

La circulation des véhicules utilitaires légers, principalement diesel, continue à croître plus fortement que la circulation poids lourds.

B. ETUDE DE LA COMMISSION EUROPEENNE : « ENERGY AND TRANSPORT : TRENDS TO 2030 »

1. Hypothèses générales

Projections pour la France

	1990	2000	2010	2020	2025	2030	TCAM 1990/2000	TCAM 2000/2010	TCAM 2010/2020	TCAM 2020/2030
Population	58,2	60,6	63,1	64,6	65,07	65,4	0,40%	0,40%	0,20%	0,10%
PIB	1177,7	1416,9	1791,9	2235,2	2482,4	2748,8	1,90%	2,40%	2,20%	2,10%

(Source : PRIMES)

Il est à noter que la situation démographique de la France est singulière par rapport à ses voisins européens dont la population devrait stagner ou décroître dans les prochaines décennies (l'exemple le plus frappant est l'Italie dont la population pourrait descendre à 46 millions en 2030 !!!)

2. Demande de transports de marchandises

Demande de transports de marchandises par mode en France (en milliards de tonnes-kilomètres)

	1990	2000	2010	2020	2025	2030	TCAM 1990/2000	TCAM 2000/2010	TCAM 2010/2020	TCAM 2020/2030
Transport routier	193,9	266,5	336,6	416,6	463,2	512,1	3,20%	2,40%	2,20%	2,10%
Transport ferroviaire	50,7	55,4	59,4	66,4	69	73,4	0,90%	0,70%	1,10%	1%
Transport fluvial	13,9	14,2	14,6	16,8	18	19,2	0,20%	0,30%	1,40%	1,30%
Total	258,5	336,1	410,6	499,8	550,2	604,7	2,70%	2%	2%	1,90%
Fret par unité de PIB	219	237	229	224	222	220	0,80%	-0,30%	-0,20%	-0,20%

(Source : PRIMES)

Les prévisions à l'échelle de la France suivent la même tendance avec une augmentation globale entre 1990 et 2030 de 134% de la demande totale de transports de marchandises, mais également un gain de part de marché de la route qui passe de 75% à près de 85% (son trafic explosant de plus de 164% sur la période), et une répartition modale de moins en moins favorable aux transports ferroviaires et fluviaux : -7,5 points pour le fer (trafic en hausse de 45%) et -2 points pour les voies navigables (trafic en hausse de 38%).

La principale différence avec le contexte européen réside dans la très faible part modale du transport fluvial en France alors qu'elle est plus importante que celle du transport ferroviaire à l'échelle européenne.

Comparé au scénario central de l'étude du SES, l'étude de la Commission Européenne prévoit une augmentation du trafic global et des trafics modaux bien plus importante : le trafic global connaît une hausse de 64% pour la Commission Européenne entre 2000 et 2025, contre une hausse de 40% entre 2002 et 2025 pour le SES. Cette différence semble expliquée en partie par le fait que les hypothèses de croissance économique de la Commission Européenne soit plus optimistes que celles envisagées par le SES.

En ce qui concerne la répartition modale en 2030, l'étude du SES accorde une part très légèrement plus importante au ferroviaire, 15% contre 13%. La différence entre les deux études concernant les volumes de trafics du transport fluvial peut s'expliquer par la prise en compte du transit rhénan par la CE et pas par le SES, et par le du cabotage maritime incorporé par la CE et pas par le SES

Répartition modale du transport de marchandises en France

	1990	2000	2010	2020	2030
Transport routier	75%	79,3%	82%	83,4%	84,7%
Transport ferroviaire	19,6%	16,5%	14,5%	13,3%	12,1%
Transport fluvial	5,4%	4,2%	3,5%	3,3%	3,2%

(Source : PRIMES)

C. ETUDE LET/ENERDATA

1. Hypothèses générales

	BAU		
	2000	2010	2030
Population	58,2	62,6	69,2
PIB (indice)	100	126	198

La méthode utilisée est celle du modèle MEDEE-ME fondée sur une représentation détaillée sur le plan sectoriel (types de marchandises, motifs de déplacement de passagers...) et sur le plan spatial (de l'urbain à l'international). Les hypothèses socio-économiques et technologiques sont issues du scénario « marché » de l'étude du CGP « Energie 2010-2020 » sauf pour la période 2020-2030 où les hypothèses technologiques sont celles établies dans le cadre de l'étude OCDE-EST (scénario BAU).

Le taux de croissance économique pour la France est estimé à 2,3% par an et le prix du baril de pétrole est supposé stable à 24\$ pour toute la période considérée.

La croissance démographique est bien plus importante dans cette étude que dans les deux précédentes.

Cette dernière étude établit deux scénarios différents à l'horizon 2030 : d'une part un scénario tendanciel (BAU ou « Business As Usual ») et un scénario alternatif (TEV ou « Transport Ecologiquement Viable ». TEV-3 est ainsi une des variantes de TEV, pour lequel il existe une combinaison de mesures visant la technologie et l'organisation générale des transports afin de respecter des critères environnementaux.

2. Demande de transports de marchandises

Les projections pour 2010 sont celles des scénarios BAU et TEV-3 pour la France réalisées lors de l'étude TEV dans le cadre du PREDIT 2. Sont inclus les trafics de transit terrestres mais pas les trafics aériens.

	BAU		
	1990	2010	2030
Trafic marchandises (Gtkm)	254,9	362	558
Route	202	314	497
Fer	47	42	56
Voie d'eau	5,9	6	5

B Le scénario tendanciel à 2030 prévoit un trafic marchandises plus que doublé entre 1990 et 2030 (+119%), une part du transport routier proche de 90% (contre 80% en 1990), le passage de la part modale du transport ferroviaire de plus de 18% en 1990 à environ 10% en 2030 et une marginalisation du transport fluvial qui passe de 2% en 1990 à moins de 1% en 2030.

L'hypothèse de croissance économique utilisée pour cette étude sensiblement plus forte que celle utilisée par le SES, de même qu'un horizon temporel plus éloigné permettent d'expliquer les écarts importants qui existe entre cette étude et celle du SES.

2^{ème} PARTIE : TRANSPORT DE MARCHANDISES ET ENVIRONNEMENT

I-IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

		Consommation de ressources non renouvelables	Atteinte aux écosystèmes	Atteinte au cadre de vie	Atteinte à la santé humaine
EFFETS GLOBAUX	Consommation d'énergie	+++			
	Emissions directes de GES	+++			
	Emissions indirectes de GES	+++			
EFFETS REGIONAUX	Pollution atmosphérique régionale (ozone)		+++		
	Pollution eau/sols		+		+
	Perturbation de la faune et de la flore		+		
	Dégradation des paysages		+	+	
	Congestion			++	
EFFETS LOCAUX	Occupation de l'espace	++		++	
	Pollution atmosphérique locale			+++	+++
	Bruit			++	++
	Effets de coupure			+	
	Accidents				+++

+++ : Nuisances dues au TM bien identifiées et quantifiées

++ : Nuisances dues au TM évaluées qualitativement (manque de données chiffrées)

+ : Nuisances auxquelles participe le TM sans qu'on puisse évaluer sa part de responsabilité

II- TYPOLOGIE QUALITATIVE ET EVALUATION QUANTITATIVE DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DU TRANSPORT DE MARCHANDISES

A. CONSOMMATION D'ENERGIE

L'efficacité énergétique des transports de marchandises varie très fortement en fonction du mode et du véhicule utilisé

Modes de transport de marchandises	Efficacité énergétique (t-km/kep)
Petit Véhicule Utilitaire en ville	2.4
Petit Camion (CU<3t) interurbain	16.1
Maxicode (CU 25t) interurbain	57.6
Wagon isolé	52.1
Train complet	128.2
Mer (caboteur)	130
Mer (conteneurs)	300

(source : Dron)

La part du diesel dans la consommation énergétique du transport est passée de 37% en 1990 à 45% en 2000 : ceci est dû à la diésélisation du parc automobile, mais surtout à l'impact croissant du transport routier de marchandises.

Demande énergétique du transport par mode

	1990 MTep	1990 %	2000 MTep	2000 %
Camions	15.42	37	19.24	38
Trains	1.15	3	1.37	3
Avions	3.87	9	6.71	13
Navigation intérieure	0.72	2	0.77	1
TOTAL transports	41.91	100	51.27	100

(source : Commission européenne (2003a))

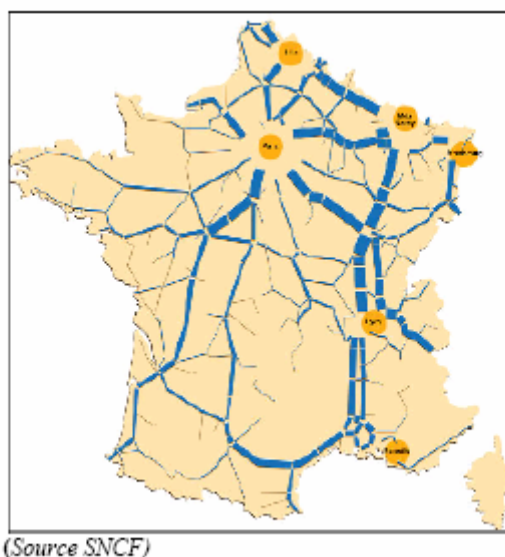
L'indice d'efficacité en 2000 du transport de passagers est de 28 t-km/kep tandis que celui du transport de marchandises est de 16 t-km/kep. Pour comprendre ce mauvais résultat, on peut constater que ce sont les modes les moins efficaces énergétiquement (route notamment) qui sont les plus utilisés pour d'autres raisons (flexibilité)

B. OCCUPATION/ARTIFICIALISATION DE L'ESPACE

L'occupation de l'espace se concrétise par l'emprise foncière imposée par les infrastructures de transport ; leur longueur et leurs caractéristiques sont donc essentielles pour quantifier cette nuisance.

1. Réseau ferroviaire

En 2005, le transport ferroviaire de fret utilise 26720 km de voies, dont 5016 km qui sont dédiés exclusivement au transport de marchandises. Les principaux corridors de fret ferroviaire sont indiqués sur la carte :



Le fret représente environ 135 millions de trains-km, ce qui représente 25% de la circulation ferroviaire totale.

2. Circulation routière

Pour estimer l'espace occupé par les différents véhicules routiers (et estimer ainsi la responsabilité du transport de marchandises sur l'occupation de l'espace), on utilise comme unité le m²-h (qui mesure la surface occupée pendant une heure). Pour 1 tonne livrée sur un trajet urbain de 10 km, on obtient :

VEHICULE	CHARGEMENT MOYEN	ESPACE-TEMPS OCCUPE
Camion 19t	10 t	31
Camion 12 t	5t	31,5
PVU 3,5t	0,5t	156
Voiture	30 kg	1050
mobylette	5kg	4040

(source : Ademe)

Les déplacements de marchandises sont responsables de 15 à 25% de l'occupation de la voirie en ville, ce qui s'accompagne de nuisances importantes au niveau de l'occupation de l'espace puisque, par exemple, 90 % des stationnements au cours des livraisons sont illicites (la plupart des établissements n'ont pas d'emplacement spécifique).

Les principes régissant actuellement la distribution (flux tendus) laissent penser que les livraisons vont jouer un rôle de plus en plus important dans les gênes liées à l'occupation de l'espace.

3. Voies navigables

Le réseau de voies navigables en France est constitué de 8501 km de canaux, dont 1800km constituent les voies à grand gabarit principalement dédiées au transport de marchandises (Seine, Rhin et grand canal d'Alsace, canal Dunkerque-Valenciennes, Moselle)

4. Emprise globale des infrastructures

L'emprise foncière des différentes voies dépendra de leur nature

Infrastructure		Largeur occupée	Emprise foncière
route	Petite route	5 m	
	Autoroute	33 m (avec talus)	10 ha/km
rail	Voie double	13 m	6 ha/km
voie d'eau	Canal grand gabarit	55 m	10 ha/km
aéroports	régional		80 ha
	national		300 ha

(source :IWW/INFRAS)

Une donnée importante est l'emprise au sol en milieu urbain, où l'espace est une ressource rare.

Proportions de surfaces urbaines selon l'occupation (%)	Infrastructures de transport	Emprises ferroviaires et fluviales	Espace utile
PARIS	23	14	62

(source : Dron)

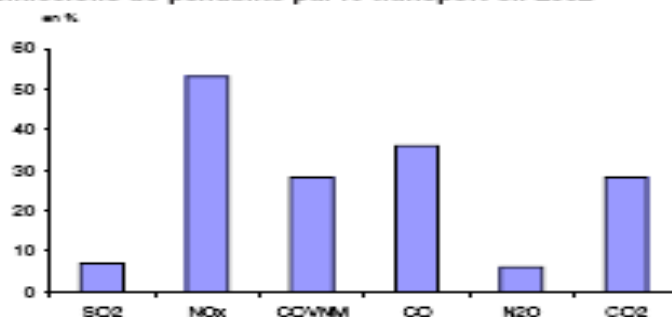
C. ATTEINTES GLOBALES A L'ATMOSPHERE (EFFET DE SERRE) ET POLLUTIONS LOCALES OU REGIONALES

1. Polluants dus au transport

Le transport joue un rôle prépondérant dans les émissions d'un certain nombre de polluants atmosphériques (voir graphique ci-dessous).

Dans la suite nous allons nous intéresser à l'importance du TM dans ces émissions.

Graphique VI 2.7
Emissions de polluants par le transport en 2002



Source : CITEPA – série CORALIE/secten (février 2004)

2. Comparaison entre modes

Emissions unitaires

La comparaison entre les émissions du transport routier et le transport combiné rail-route souligne l'importance du mode considéré pour l'estimation des émissions et en particulier la prédominance des modes routiers (les émissions unitaires sont quasiment 10 fois plus importantes pour le mode routier)

Polluants considérés	Emissions unitaires (g/t-km)	
	Maxicode (CU=15 t)	Transport combiné SNCF
CO2	72	7.5
CO	0.32	0.05
COV	0.18	0.02
NOx	1.04	0.11
Particules	0.1	0.01

(source : SNCF-direction de la stratégie)

Les émissions des véhicules de transport de marchandises sont très variables en fonction du mode et du véhicule considérés.

Véhicule	Origine du carburant	Emission de GES (en g/tkm)
camionnette	Pétrole	160
camion	Pétrole	85
Semi-remorque	Pétrole	80
avion	Pétrole	3600
train	Electricité	11
bateau tanker	Pétrole	3 à 40

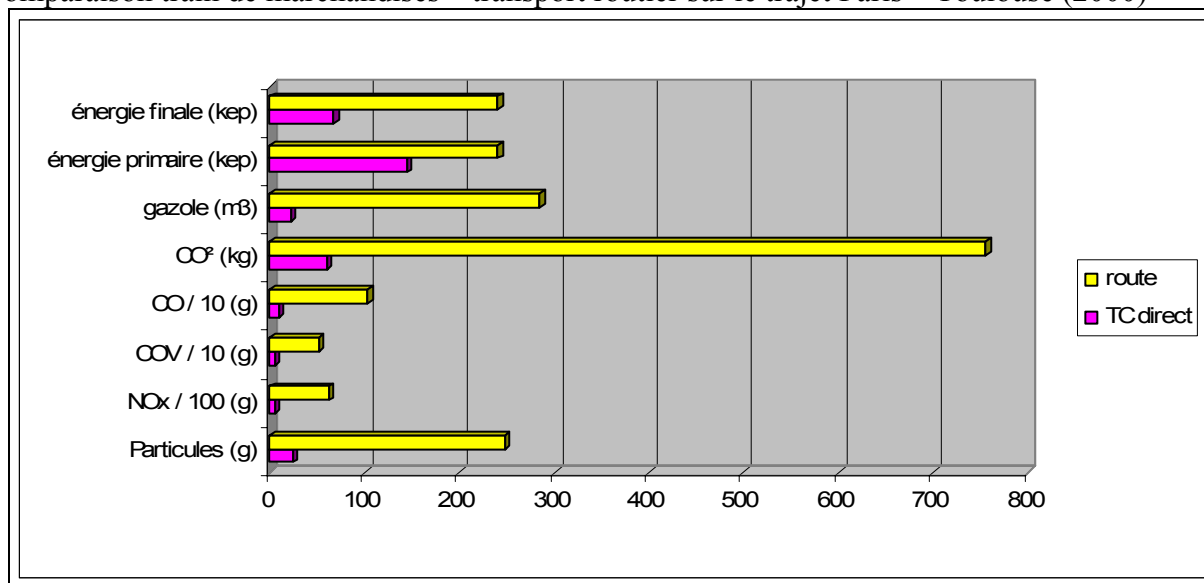
(source :ADEME)

A côté des modes routiers, le transport aérien est proportionnellement un émetteur important de certains polluants. A titre de comparaison, les émissions d'un avion lors d'un cycle LTO standard ("Landing - Take Off" : approche, roulage, décollage et montée jusqu'à 1000 mètres environ) sont comparables aux émissions de NOx de 17 PL parcourant 100 km chacun et aux émissions de COV de 16 deux-roues parcourant 100 km chacun.

Pour illustrer concrètement l'importance du mode choisi sur le volume des nuisances atmosphériques, on peut mettre en parallèle les émissions sur un trajet donné suivant que celui-ci est effectué par la route ou par le train.

Cette comparaison permet de mettre en avant l'ampleur des différences au niveau des émissions : suivant le polluant considéré, le mode routier est de 2 à plus de 100 fois plus émetteur que le train.

Comparaison train de marchandises – transport routier sur le trajet Paris – Toulouse (2000)



(Sources : SNCF, ADEME, Impact)

Ainsi, d'un point de vue strictement environnemental, l'utilisation du mode routier sur de longues distances paraît totalement injustifiable et les différences au niveau des impacts sont trop importantes pour être compensées par les gains de rapidité et de flexibilité (du point de vue du bien-être social en tout cas)

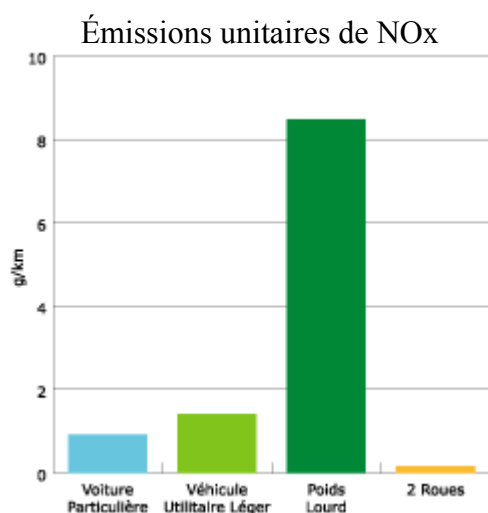
3. Etude détaillée du TRM

Comme nous venons de le voir, les modes routiers sont les sources essentielles de polluants atmosphériques au niveau des émissions unitaires mais surtout pour les volumes (c'est à la fois le mode le plus polluant et de loin le plus utilisé !!!).

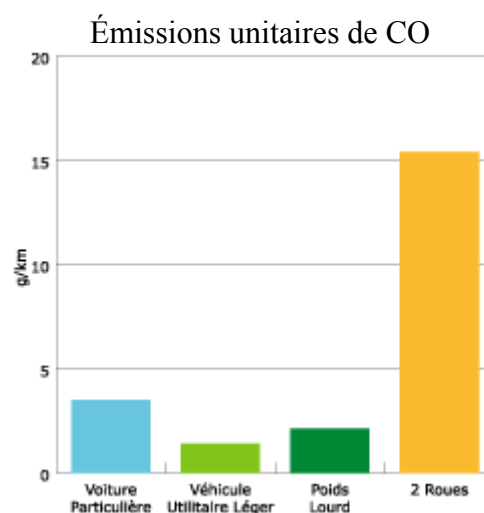
Il convient ainsi d'entrer dans le détail des différents usages du mode routier afin de souligner l'importance variable des différents types de véhicules suivant les polluants considérés.

	CO (g/km)	COV (g/km)	NOx (g/km)	Particules (g/km)
Essence (< 3.5t)	30	3.6	1.6	
Diesel (<3.5t)	2	0.4	8.7	0.25
Diesel (entre 3.5t et 16 t)	18.8	2.75	16.2	0.95
Diesel (>16t)	18.8	5.8	0.08	1.6
Motocycle (>50cc)	22	15		

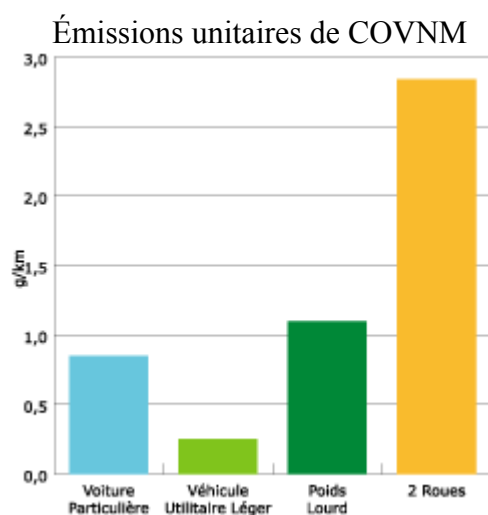
En ville, on retrouve cette variabilité importante, et la comparaison avec les voitures particulières permet de mettre en avant le rôle primordial des transports de marchandises dans les émissions.



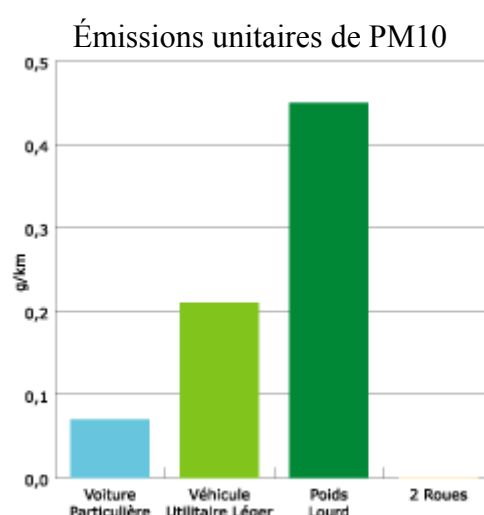
(source AIRPARIF)



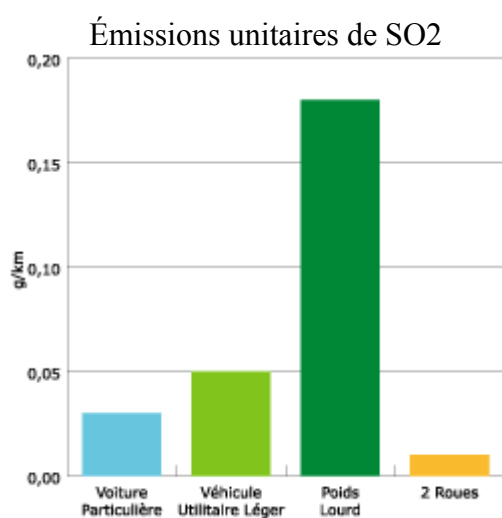
(source AIRPARIF)



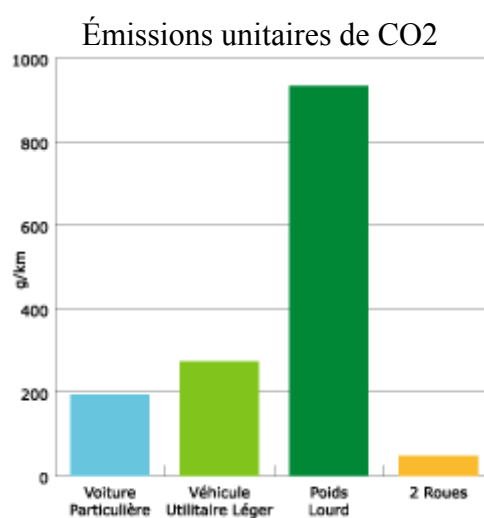
(source AIRPARIF)



(source AIRPARIF)



(source AIRPARIF)



(source AIRPARIF)

On trouve ainsi par exemple :

- pour les oxydes d'azote (NO_x) : les émissions moyennes d'un poids lourd sont équivalentes à celles de 9 véhicules particuliers et de 6 véhicules utilitaires légers
- pour les particules fines (PM10) : les émissions moyennes d'un poids lourd sont similaires aux émissions de 6 véhicules particuliers diesel
- pour les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) : les émissions moyennes d'un poids lourd peuvent être comparées à celles de 4 véhicules particuliers.

4. Détails des émissions totales du transport routier de marchandises

		CO₂	NO_x	COV	CO	SO₂	Particules
Véhicules utilitaires diesel	Emissions (kt)	15800	95,3	15,4	62,3	3,5	17,5
	Part dans les émissions du transport routier (%)	12	15	4	3	15	26
Véhicules utilitaires essence	Emissions (kt)	3100	15,7	19,5	166,5	0,3	0,4
	Part dans les émissions du transport routier (%)	2	2	5	8	1	0,5
Poids Lourds	Emissions (kt)	36900	219,4	29,1	60,8	8,2	14,6
	Part dans les émissions du transport routier (%)	29	34	8	3	35	21
TOTAL	Part du TRM dans les émissions du TR	43	51	17	14	51	48

(source : DAEI/SES(2004d))

Il est ainsi frappant de noter que, contrairement aux idées reçues, le transport routier de marchandises a un rôle comparable à celui des transports de personnes (notamment la voiture particulière) dans les émissions de la plupart des polluants atmosphériques (CO₂, NO_x, particules...)

5. Impacts sanitaires de la pollution atmosphérique

Pour mieux évaluer l'ampleur des dangers, il convient de s'intéresser à la part des émissions effectuées en zone urbaine, où la densité de l'activité et de la population rend le problème de la pollution particulièrement aigu.

On observe ainsi qu'une partie importante des rejets du transport routier de marchandises a lieu en zone urbaine (en particulier pour les COV irritants et cancérigènes ET pour les particules responsables d'importants troubles respiratoires), ce qui amplifiera notablement les effets néfastes sur la santé.

Polluant atmosphérique	Part urbaine dans les rejets dus au transport (%)	Part du transport de marchandises dans les rejets urbains du transport (%)
SO ₂	30	48
NO _x	25-35	35
COV	75	15
CO	66	21
Particules en Suspension	35	60

(source : Dron)

De plus le transport de marchandises, de part l'importance de son trafic et des émissions de polluants qui en découle participe à la production d'ozone. L'ozone (O₃) est également un polluant atmosphérique mais sa production est en général indirecte : elle résulte de la transformation d'autres polluants (Nox et COV) par le rayonnement ultraviolet solaire et sa concentration maximale peut donc se situer en zone périurbaine. La pollution photochimique résulte de la formation d'ozone et d'autres polluants photochimiques à partir de Nox et de divers composés carbonés (COV et Co notamment) sous l'influence de l'ensoleillement.

Type de polluant	Source d'émission	Effets du polluant sur la santé
Particules	Produit de la combustion incomplète des carburants ; usure des freins et des pneus	irrite les muqueuses ; effets sur les fonctions respiratoires et pulmonaires ; effets cancérigènes
Métaux lourds (plomb, arsenic, cadmium, mercure, nickel, etc...)	Ajouté à l'essence pour améliorer la performance des moteurs	Cancérigènes ; causent des troubles digestifs ; affectent les appareils circulatoires, génital et nerveux
Monoxyde de carbone (CO)	Produit de la combustion incomplète de carburants carbonés	Réduit le pouvoir oxyphorique des globules rouges
Oxydes d'azote (NO _x)	Formés durant la combustion du carburant à hautes températures	Irritent les poumons ; augmentent la vulnérabilité aux virus
Composés organiques volatils (COV)	Combustion de produits pétroliers ; évaporation de carburants imbrûlés	irritent les yeux ; causent des intoxications ; effets cancérigènes
Ozone troposphérique (O ₃)	Produit de la réaction photochimique des NO _x et des COV sous l'action de la lumière solaire	Irrite les muqueuses du système respiratoire (atteintes aux poumons, aggrave l'asthme) ; réduit l'immunité ; irrite les yeux et le nez

D. ATTEINTES EN AMONT/EN AVAL

1. Emissions indirectes

	Energie Finale (gCO2 / MJ)			
		Essence	Gazole	GPL
Energie Primaire	Pétrole	13.2	10.4	8
	Gaz naturel	32	29	

(source : LET/ENERDATA : construction de scénarios de mobilité durable)

On utilise la conversion 1 Tep=41855 MJ.

En considérant la consommation des camions (19,24 MTep), et les données ci-dessus, on obtient des émissions indirectes de l'ordre de $19,24 * 41855 * 10,4 = 8000$ ktCO₂.

Les émissions directes totales de GES des camions diesel étant de l'ordre de 50000 kT (cf. ci-dessus), on constate que tenir compte des émissions indirectes induit une augmentation de 16 % des émissions totales : les émissions indirectes jouent un rôle tout à fait non négligeable dans les émissions de gaz à effet de serre !!!

2. Déchets

On peut noter la faible contribution des poids lourds du fait de leur longue durée de vie et de leur réemploi partiel.

E. BRUIT

1. Trafic aérien

Suivant les aéroports, entre 20 et 70 % du trafic de fret s'effectue la nuit (cette proportion atteignant 90 % pour le fret postal), avec une croissance annuelle du fret nocturne de l'ordre de 6 % (soit un doublement en 12 ans). Ainsi, en 1999, l'aéroport Charles-de-gaulle a compté 3417 vols cargo (fret général), 6293 vols fret express (délai J+1) et 6492 vols de fret postal

Le trafic aérien de fret s'effectue ainsi principalement de nuit et est particulièrement pernicieux pour les riverains. Un rapport de l'INRETS fait apparaître qu'un décollage en pleine nuit représente une gêne 10 fois plus importante que le même appareil dans la journée (5 fois plus en soirée). Les avions cargos, utilisés souvent de nuit, sont, en général, plus chargés et plus anciens (donc plus bruyants). Le décollage est plus lent et donc l'impact sonore au sol affecte une surface trois fois plus élevée.

L'indice psophique est caractéristique de l'exposition au bruit journalière moyenne sur une année et permet donc d'évaluer la gêne occasionnée par le fret aérien.

Zones	Indice psophique	Surface approximative
A	Supérieur à 96 dB (A)	1 km x 8 km
B	De 89 à 96 dB (A)	1,5 km x 16 km
C	De 78 à 88 dB (A)	6 km x 36 km
D	De 65 à 77 dB (A)	10 km x 70 km

(source :DGAC)

2. Trafic ferroviaire

Le bruit engendré par un train de marchandises dépend de la nature du train utilisé et des dispositifs de freinage utilisés. Ainsi, à une vitesse de 80 km/h, le bruit (mesuré à 7.5 mètres) varie de 87 dB (A) pour un wagon avec frein à tambour à 98 dB (A) pour un wagon à haute paroi comportant 4 essieux. L'utilisation de sabots de freins en matériau composite permet une réduction de l'ordre de 10 dB.

3. Trafic routier

Normes d'émission sonore

Evolution des valeurs maximales de bruit à l'émission (normes)

	1970	1982	1985	1988	1996	Variation
VP	82	80	80	77	74	-8
PL	91	88	88	84	80	-11

(source : CADAS- Evaluer les effets du transport sur l'environnement : le cas des nuisances sonores)

On constate ainsi que les normes ont conduit à une forte diminution des émissions sonores à la source pour tous les types de véhicules avec un effort particulier pour les poids lourds. Cependant, les niveaux sont encore importants (on peut rappeler qu'un niveau supérieur à 65 dB entraîne des troubles physiques importants) et l'augmentation de la circulation _notamment en zone urbaine_ compense largement cette baisse unitaire.

En zone urbaine...

Par rapport à une circulation urbaine ne comportant que des véhicules légers, les transports de marchandises peuvent accroître le niveau sonore de 4 dB en moyenne (cet impact sera plus important si les voies sont pentues et si la circulation est dense). Une étude menée à Bordeaux par l'ADEME montre que les zones bruyantes (plus de 65 dB) représentent 30% du réseau alors qu'en absence de TMV, seules 13% sont concernées.

4. Bilan global

Malgré la difficulté à produire des statistiques détaillées sur l'exposition au bruit, l'étude IWW-INFRAS propose une estimation (parfois fondée sur des extrapolations) de la population française soumise à des niveaux de bruit gênants

Population (en millions) exposée au bruit du transport, par mode

Nature de la gêne	Atteinte au cadre de vie (communication, sommeil...)		Points noirs (troubles physiques importants pouvant aller jusqu'aux attaques cardio-vasculaires mortelles)		
	55-60	60-65	65-70	70-75	>75
route	12	9.3	6.2	2.8	0.34
rail	0.22	0.23	0.11	0.06	0.05
air	0.69	0.49	0.2	0.09	0.06

(source : DAEI/SERS-Les comptes des transports en 2003)

L'importance de cette pollution sonore apparaît très nettement à travers ce tableau : entre 25 et 30 millions de personnes sont concernées par une nuisance due au bruit (et comme on l'a souligné le transport de marchandises y joue bien souvent un rôle primordial). On constate de plus sans surprise la prédominance du mode routier dans les atteintes sonores dans toutes les catégories; cependant, aux plus forts niveaux de bruit, on observe que l'importance relative du rail et de l'avion devient tout à fait non négligeable. Ceci est en particulier dû aux trajets de nuit pour lesquels le transport de marchandises est de loin la contribution principale.

Pour évaluer l'importance relative des différents modes de transport de fret, on peut s'intéresser au coût marginal dû au bruit (exprimé en euros /1000 tkm) ; cette grandeur donne une indication sur les dommages causés en moyenne par un véhicule supplémentaire

	Inter-urbain	Urbain
VUL	2,37	307
PL	0,25	31,98
Train	0,06	1,08
Avion	47,19	88
Voie navigable	0	0

(source : IWW/INFRAS)

On observe sans surprise l'importance des nuisances en milieu urbain (notamment pour le mode routier). La comparaison entre types de véhicules permet de mettre en avant l'importance des nuisances dues aux véhicules utilitaires légers qui cause de fortes nuisances pour une quantité de marchandises transportées peu importante.

F. ACCIDENTS

En rapportant aux trafics respectifs en t-km, le transport routier de marchandises est responsable de 40 fois plus de victimes que le transport ferroviaire : l'insécurité routière est la source principale des accidents dus au transport de marchandises.

Le transport de matières dangereuses traduit le même phénomène : entre 1982 et 1993, il y a eu 82 accidents dus au fer (aucun décès) contre 2392 accidents routiers (287 morts).

Le détail des accidents routiers souligne la gravité particulièrement importante des accidents impliquant un PL.

Accidents survenus en 2003 impliquant au moins un		tués		blessés		Gravité (tués/100 victimes)
		nombre	%	nombre	%	
PL		720	13	5357	5	11,85
VUL	Usagers des VUL	75		1626		4,41
	Total	293	5	5650	5	4,93
TOTAL transport routier		5731		115929		4,71

(source : Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière- Bilan 2003)

En zone urbaine, les poids lourds sont impliqués dans 4% des accidents (avec une fréquence et une gravité accrues en périphérie par rapport aux zones denses) et dans 15% des accidents mortels. Les VUL sont, quant à eux, concernés par 12 % des accidents survenant en ville.

G. CONGESTION

Le problème de la congestion se concentre le long des principaux corridors de transport ; il s'agit d'itinéraires multimodaux drainant des flux nationaux et internationaux d'une certaine importance.

La congestion routière se concentre en Ile-de-France (qui compte 80% des heures-kilomètres congestionnées) et au niveau de certains axes interurbains et contournements d'agglomération. L'influence du transport de marchandises prend deux visages :

- les autoroutes à fort trafic poids lourd sont fortement touchées par une gêne mutuelle entre les différents utilisateurs (par exemple, l'autoroute du nord qui compte 30% de poids lourds). En utilisant l'équivalence 1PL=3VP, on obtient que le transport routier de marchandises occupe de 35 à 55 % de la capacité des autoroutes.
- en zone urbaine, l'occupation de la voirie par les véhicules de livraison (déjà évoquée ci-dessus) participe grandement à la gêne occasionnée notamment à travers les problèmes de stationnement illicites ; cependant, ce dernier impact doit être relativisé pour tenir compte du décalage temporel entre les déplacements de marchandises (qui ont lieu principalement en milieu de matinée et d'après-midi) et de voyageurs (dont le pic se situe plutôt en début de matinée et en fin de journée). Les gênes occasionnées en milieu urbain conduiront ainsi à une perturbation de la chaîne logistique au niveau des distributions finales qui se traduit par une perte de temps pour le transporteur et par un manque à gagner pour le chargeur (pour lequel la fiabilité et la sûreté du transport sont souvent essentiels).

La congestion affecte également directement le transport de fret ferroviaire puisque les transports de voyageurs sont prioritaires : la disponibilité du réseau est incertaine et conduit à une médiocre fiabilité des délais. Ce phénomène est une raison essentielle du faible développement du fret ferroviaire en France. On peut également citer les passages de frontière qui constituent souvent un goulet d'étranglement, la situation étant aggravée quand l'interopérabilité des réseaux n'est pas assurée.

III. PROJECTIONS TENDANCIELLES **(HORIZON 2025)**

A. CONSOMMATION D'ENERGIE, GAZ A EFFET DE SERRE **ET POLLUTION ATMOSPHERIQUE**

On regroupe ici les prévisions effectuées dans les 3 études citées dans la première partie concernant un ou plusieurs de ces 3 types de dommages environnementaux. Après les avoir reprises séparément, on tentera de comparer les résultats obtenus pour en tirer les tendances principales.

1. Etude A

1.1 Gaz à Effet de Serre

Emissions unitaires de CO2 des véhicules routiers (en g/km)

	1990	2010	2025
VUL essence	280	290	255
VUL diesel	263	226	199
PL	962	956	900

(source :DAEI/SES(2004e))

Evolution des émissions de CO2 (en MtCO2/an)

	1990	2010	2025
Total route	108	136	142
dont TRM	44	62	73
Total aérien+fleuve+fer	5.8	7.1	8.3

(source :DAEI/SES(2004e))

Les émissions unitaires du transport routier de marchandises vont baisser un petit peu notamment grâce aux progrès faits dans la consommation des véhicules. Néanmoins l'explosion du volume de la circulation (déjà évoquée dans la première partie) conduit à une forte augmentation des émissions totales de gaz à effet de serre dues au transport routier de marchandises ; il est particulièrement important de noter que le transport de marchandises va devenir le premier contributeur à ces émissions en atteignant 51.4 % des émissions totales du mode routier.

1.2 Polluants locaux

On note une forte diminution prévue des émissions totales grâce aux progrès technologiques qui se diffusent peu à peu dans le parc (pot catalytique, baisse de la consommation...). On peut cependant noter que le transport routier de marchandises reste une composante importante des émissions de certains des polluants les plus nocifs (poussières et NOx)

	kt/an	1990	2010	2025
NOx	Total route	1092	392	324
	dont TRM	465	229	176
	Total aérien+fleuve+fer	28.2	25	25.5
COV	Emissions totales	1051	95	65
	dont TRM	148	27	20
	Total aérien+fleuve+fer	3.7	3.2	3.3
CO	Emissions totales	6257	826	531
	dont TRM	797	118	93
	Total aérien+fleuve+fer	11	10.8	11.6
Poussières	Emissions totales	56	26	19
	dont TRM	36	11	6

(source :DAEI/SES(2004e))

Part du TRM dans les émissions totales (%)

	1990	2010	2025
CO2	38.6	43.3	48.6
NOx	41.5	54.9	50.4
COV	14	27.5	29.2
CO	12.7	14.1	17.1
Poussières	64.2	42.3	31.6

(source :DAEI/SES(2004e))

2. Etude B

2.1 Consommation d'énergie

	1990		2010		2025	
	MTep/an	%	MTep/an	%	MTep/an	%
Conso totale du secteur des transports	41.91	100	57.85	100	63.89	100
dont transports de marchandises	16.3	39	25.3	44	31.4	49
dont TRM	12.3	29	20.7	36	26.4	41

(source : Commission européenne (2003a))

L'explosion prévue de la consommation énergétique du transport est due en bonne partie au transport de fret qui atteint quasiment la moitié de la consommation totale du secteur en 2025 ; sans surprise, la composante qui évolue le plus vite est le mode routier dont la consommation totale fait plus que doubler en 35 ans.

2.2 Emissions de CO₂

Les prévisions de cette étude font état d'une augmentation de 87% des émissions de CO2 du transport de marchandises en 35 ans, représentant alors quasiment la moitié des émissions totales du secteur des transports. Il est à noter que le seul transport de marchandises

est en 2025 un contributeur aux émissions de CO₂ plus important que l'industrie (73 Mt CO₂/an) ou que la production d'électricité (77 Mt Co₂/an).

	1990	2010	2025
Intensité en carbone (tCO ₂ /Tep)	2.91	2.86	2.83
Indicateur d'efficacité (Tep/Mtkm)	63.3	61.7	57
Gtkm parcourus	258.5	410.6	550.2
Emissions de CO ₂ par le TM (Mt)	47.6	72	88.8
Part dans les émissions totales de GES (%)	13	17.7	19.8

(source : Commission européenne (2003a))

3. Etude C

3.1 Consommation d'énergie

MTep/an	1994	2010	2020	2030
Total route	38	52.3	60.7	72.3
<i>dont TRM</i>	14.8	22	28.6	37.1
Total fer+aérien	6.7	9	11.4	

(source : ENERDATA)

La consommation d'énergie du transport routier de marchandises fait plus que doubler sur la période considérée et devient la contribution principale du transport routier en 2030 (en dépassant en particulier la consommation due au transport de personnes).

3.2 Gaz à effet de serre

MtCO ₂ /an	1990	2010
Emissions totales du transport	107.6	154.7
Emissions du TM	35.2	68.5

(source : ENERDATA)

A court terme, on peut noter que la progression des émissions de CO₂ du transport de marchandises est beaucoup plus rapide que celle des émissions totales, ce qui montre bien le rôle de plus en plus important joué par le fret.

Pollution atmosphérique

Dans l'ensemble, la décroissance des émissions de polluants locaux est importante pour toutes les catégories de véhicules même si la part du transport de marchandises devient relativement plus importante.

kt/an		1990	2010
NOx	Total transport	730.8	251.9
	TM	304.2	168.5
COV	Total transport	438.1	84.2
	TM	90.9	34.9
Poussières	Total transport	53.6	14.5
	TM	31.2	9

(source : ENERDATA)

4. Comparaisons des résultats -Tendances générales

Les modélisations utilisées dans les études ci-dessus ont des points communs mais aussi des différences essentielles :

- au niveau du point de vue utilisé : l'étude « a » s'appuie sur une vision globale et macro-économique, l'étude « c » propose une étude détaillée sectoriellement et spatialement tandis que l'étude « b » considère le transport sous l'angle de la demande en énergie.
- au niveau des hypothèses : les paramètres pertinents ne sont pas choisis de la même façon et, du fait des incertitudes inhérentes à ces exercices de prévision, les valeurs retenues sont différentes (c'est par exemple le cas de la croissance économique qui varie de 1.9% par an à 2.3% par an).

Evolution des nuisances dues au transport de marchandises

	Etude A	Etude B	Etude C
	2025/1990	2025/1990	2030/1994
Consommation d'énergie		+93 %	+150 % (TRM)
	2025/1990	2025/1990	2010/1990
CO2	+66 %	+87 %	+94 %
NOx	-62 %		-45 %
COV	-86 %		-62 %
Poussières	-83 %		-71 %
CO	-88 %		

Evolution de l'importance relative du transport de marchandises dans le secteur des transports

	Etude A			Etude B			Etude C		
	1990	2010	2025	1990	2010	2025	1990	2010	2020
Consommation d'énergie				39	44	49	33	36	40
CO2	38.6	43.3	48.6	39	43.5	49	32	44	
NOx	41.5	54.9	50.4				42	67	
COV	14	27.5	29.2				21	41	
Poussières	64.2	42.3	31.6				58	62	
CO	12.7	14.1	17.1						

Les tableaux récapitulatifs des 3 études sont regroupés ci-dessus et, malgré des divergences quantitatives, on peut en extraire des tendances relativement solides :

- la consommation d'énergie et les émissions de CO₂ dues au transport de marchandises vont très fortement augmenter (quasi-doublement sur une trentaine d'années).
- De plus la responsabilité du transport de marchandises dans le secteur des transports augmente fortement au point de devenir le contributeur le plus important (notamment plus important que les nuisances dues aux voitures particulières)
- Les émissions de polluants locaux suivent les tendances générales permises par les progrès technologiques et sont en très forte diminution, rendant ce problème de plus en plus secondaire ; on peut cependant remarquer que la diffusion de ces nouvelles technologies « propres » est plus lente pour les véhicules de fret et que leur part dans les émissions a tendance à augmenter en général.

B. INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

L'évolution des infrastructures de transport est un facteur essentiel pour l'évaluation de nombreux impacts environnementaux :

- l'artificialisation de l'espace est directement reliée à la surface occupée par l'infrastructure
- les atteintes aux milieux naturels et aux êtres biologiques augmenteront naturellement au rythme des constructions nouvelles
- les effets de coupure, la dégradation des paysages dépendent principalement du choix du tracé et des caractéristiques de la circulation (volume du trafic, passages protégés...)
- l'évolution des impacts dus au bruit dépend de la quantité de nouvelles infrastructures et de leur intégration au sein des zones habitées (notamment en milieu urbain).

La prise en compte détaillée des nuisances environnementales liées aux infrastructures (anciennes ou nouvelles) nécessite une étude au cas par cas permettant de prendre en compte les spécificités de chaque situation.

Projets d'infrastructures 2003-2025

Pour contribuer à la relance de l'activité économique et assurer la compétitivité de la France en Europe, le CIADT (Comité Interministériel pour l'Aménagement du Territoire) réuni le 18 décembre 2003 prévoit la réalisation de 50 projets d'infrastructures d'ici à 2025, dont un nombre important concerne (uniquement ou partiellement) le transport de marchandises :

- 5 grands axes ferroviaires pour le fret :
 - corridor nord-sud par Bordeaux
 - corridor nord-sud par Lyon (magistrale éco-fret)
 - axe est-ouest Dunkerque-Lorraine
 - axe est-ouest Le Havre-Amiens-Allemagne
 - axe est-ouest Nantes-Lyon-Italie

- 9 projets autoroutiers dont :
 - A24 (Amiens-Lille-Belgique)
 - Réseau autoroutier lyonnais (A45 Lyon-StEtienne, A89 Lyon-Clermont, contournement ouest de Lyon...)
 - Réseau autoroutier aquitain (A63 Bordeaux-Biarritz, A65 Bordeaux-Pau)
 - Contournements urbains (Strasbourg, Bordeaux, Lyon...)
- 5 projets fluvio-maritimes :
 - écluse fluviale de Port 2000
 - nouveaux terminaux conteneurs du port de Marseille
 - canal Seine-Nord-Europe
 - autoroute de la mer atlantique
 - autoroute de la mer méditerranée
- 2 projets aéroportuaires dont
 - 3^{ème} réseau d'aéroports du bassin parisien (Beauvais, Châteauroux...)

A titre d'ordre de grandeur, 4792 km d'autoroutes nouvelles sont programmées entre 2002 et 2025 ce qui représente une augmentation de 48% en moins de 25 ans.

C. CONGESTION

Au vu des tendances observées, on peut prévoir une aggravation de la congestion dont l'ampleur dépendra des réseaux concernés. Ainsi, les axes autoroutiers à forte proportion de poids lourds connaîtront une généralisation de la gêne mutuelle entre PL et véhicules particuliers (A1, A6, A7, A10...). Les contournements périurbains devraient également voir une aggravation des périodes de congestion due principalement à l'augmentation parallèle des trafics de transit à longue distance et des mouvements locaux (par exemple, un tiers des véhicules empruntant l'A7 au sud de Lyon ont un déplacement supérieur à 500 km); le rôle du trafic routier de marchandises et des modes de distribution associés est à cet égard essentiel.

Un certain nombre de projets prévus par le CIADT visent à répondre à ces problèmes. Une offre routière ciblée visant à désengorger certains axes est ainsi envisagée : contournements urbains (Bordeaux, Strasbourg...), réseau autoroutier lyonnais, réseau autoroutier aquitain...

Mais les principales évolutions envisagées concernent le développement du fret ferroviaire avec la construction de 5 grands axes dédiés au fret.. Le projet emblématique de cette volonté est la Magistrale éco-fret qui relie les 3 principaux ports français (Le Havre, Dunkerque, Marseille) et pourrait constituer un outil important de massification du fret (traditionnel ou combiné) ; cette solution permettrait ainsi de reporter une partie des trafics nord-sud passant par Lyon et de diminuer la congestion à certains points critiques (contournement de Lyon ou de Dijon, traversée des Alpes...).

Le projet Seine-Nord-Europe qui vise un franchissement de seuils entre bassins fluviaux permettrait de faciliter le transport de marchandises entre le bassin parisien et le nord de l'Europe et de décharger certains itinéraires routiers surchargés (comme l'A1). Ces voies d'eau à grand gabarit dédiées au fret permettent également une accessibilité directe au cœur des zones urbaines et contribuent ainsi à la limitation de la congestion urbaine.

IV- Critères de mobilité durable

Dans cette partie, nous allons passer en revue les critères _qualitatifs ou quantitatifs_ assurant que les nuisances étudiées ci-dessus sont compatibles avec un développement soutenable des transports.

1. Gaz à effet de serre

A court terme (2010), le protocole de Kyoto propose que la France stabilise ses émissions par rapport aux niveaux de 1990. A plus long terme (2050), l'objectif fixé dans le programme « Environmentally Sustainable Transport » est une réduction de 80 % des émissions

2. Pollution atmosphérique locale

Les critères utilisés dans l'étude « Environmentally Sustainable Transport » de l'OCDE visent deux objectifs

- ne pas dépasser les valeurs-limites instaurées dans les mesures de qualité de l'air.
- ne pas dépasser la charge critique, c'est-à-dire la dose minimale au-delà de laquelle des perturbations à long terme peuvent intervenir.

Au vu de ces deux conditions l'objectif fixé est une réduction de 90 % des émissions totales de NOx et de COV d'ici 2030.

3. Bruit

En zone résidentielle, pour éviter les effets néfastes sur le cadre de vie et la santé, il convient de proposer des niveaux de bruit inférieurs à 55 dB(A) en journée (et 45 dB(A) la nuit). En toute généralité, il faudrait supprimer en priorité les points noirs en limitant au maximum les zones soumises à plus de 65 dB(A).

BILAN : LES PRINCIPAUX ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX DU TRANSPORT DE MARCHANDISES

Après l'étude détaillée que nous avons menée ci-dessus, notre objectif est ici de souligner les principaux enjeux du transport de marchandises en lien avec l'environnement : en quoi ce secteur se retrouve-t-il au cœur de la problématique de développement durable ? Quels sont les principaux axes à considérer dans cette optique ?

Nous retiendrons 3 messages clefs qu'il conviendra de garder à l'esprit :

- **La part croissante du transport de marchandises dans les nuisances en fait un secteur-clef**

L'exemple emblématique est la contribution aux émissions de gaz à effet de serre et la croissance exponentielle des émissions dues au fret. Les tendances actuelles prédisent ainsi que, dans les 30 prochaines années, le transport de fret aura dépassé le transport de personnes en termes d'émissions de CO₂.

Cependant, ce rôle prépondérant du transport de marchandises ne se limite pas aux émissions de polluants : l'intensification du trafic de fret aura également des conséquences de plus en plus importantes en termes de bruit (en milieu urbain) ou d'effet de coupure (en milieu rural).

- **Le manque d'innovations d'envergure ne permet pas d'envisager des solutions à court terme**

Comme nous avons pu le souligner à propos des émissions de polluants locaux, l'utilisation de normes contraignantes peut permettre de réduire de façon spectaculaire les effets néfastes du transport. Cependant, il existe peu de recherches permettant d'espérer un « camion du futur » dont le fonctionnement serait optimisé pour limiter ses impacts. Il est à ce propos frappant de constater que les solutions proposées actuellement ne visent le plus souvent qu'à corriger à la marge le système tel qu'il existe (on peut penser à ce titre à l'éventualité de passer de 40t à 44 t pour les poids lourds) ; ce type de modifications de petite envergure semble tout à fait inadapté à l'ampleur des problèmes qui surgissent.

- **La prise en compte de l'acceptabilité sociale insuffisante va nécessiter une remise en cause des fondements du fonctionnement du transport de fret**

On constate un décalage important entre les choix de transport (volume, modes) et leurs conséquences sociales. Ceci est principalement dû au fait que les prix du transport ne reflètent pas les coûts sociaux qu'il induit. Ceci est particulièrement vrai pour le mode routier dont on a vu qu'il était largement le plus utilisé (notamment parce que son prix est extrêmement bas) alors qu'il est également le plus pénalisant pour la société (pollutions, nuisances)

MAITRISE DE LA DEMANDE DE
TRANSPORT DE MARCHANDISES
EN AMONT

ET

ORGANISATION LOGISTIQUE

Les problématiques complexes du développement durable nécessitent une approche multidisciplinaire et transversale permettant une prise en compte des interactions entre les aspects sociaux, économiques et environnementaux qui apparaissent simultanément dans les domaines concernés. C'est en particulier le cas pour la mobilité durable des marchandises qui nous intéresse plus particulièrement.

La première partie de ce rapport a permis de mettre en évidence le rôle de plus en plus important tenu par le transport de marchandises au cœur de l'activité économique, mais aussi en parallèle l'accroissement des nuisances qu'il cause sur l'environnement et la mise en péril du bon fonctionnement de la société qu'il peut induire. Cette évolution non soutenable de la mobilité des marchandises est le fruit de l'importance dissymétrique accordée aux 3 pôles du développement durable : les orientations concernant la mobilité du fret ont jusqu'à récemment été principalement guidées par des préoccupations économiques au détriment des deux autres composantes qui lui sont pourtant intimement liées.

Le scénario « au fil de l'eau » de l'évolution du transport de marchandises tel qu'il a été décrit est une perspective inadmissible qui se heurte à l'impasse sociale et environnementale à laquelle il conduit de manière de plus en plus évidente. Il convient donc de rechercher des évolutions alternatives possibles à long terme et d'en déterminer les caractéristiques et les conditions de mise en œuvre.

Comme nous l'avons déjà souligné, les organisations du système de production-distribution des entreprises conditionnent de façon importante leur demande de transport. Nous chercherons ainsi tout d'abord à décrire les liens qui existent entre l'organisation logistique des firmes et leurs besoins en transport. Nous tenterons ensuite de proposer des scénarios d'évolution opérant une rupture avec les modes de fonctionnement actuels en nous focalisant sur la **maîtrise des flux de transport en amont**, c'est-à-dire recherchant une limitation de la demande de transport de la part des entreprises.

1^{ère} partie : L'organisation logistique des entreprises

I- Approche macro-économique

A- Les grandes tendances de la logistique

1-Concentration des activités

1.1 Présentation générale

Dans des marchés internationalisés où la libre concurrence est de plus en plus le facteur essentiel qui déterminera le développement d'une firme, la première préoccupation doit être d'assurer la pérennité de l'entreprise. Cet objectif passe le plus souvent par la recherche d'une position dominante (ou du moins suffisamment solide pour résister à d'éventuelles difficultés) dans le secteur « cœur de métier » et pousse ainsi les entreprises à la concentration. Ce phénomène de croissance externe peut prendre 3 formes principales :

- les transferts d'actifs réalisés lors d'opérations de restructuration telles que les fusions-absorptions
- les prises de participation dans le capital d'autres entreprises
- les accords d'union contractuelle, qui peuvent notamment se traduire par la création de filiales communes

La concentration peut être horizontale ou verticale (on ne s'intéresse pas aux opérations purement financières qui ne modifie pas le nombre ou la taille des entreprises) . Dans le premier cas - concentration horizontale - une entreprise absorbe ou fait disparaître des concurrents (regroupement d'entreprises situées au même stade de la production, fabriquant le même type de produit). Dans le deuxième cas - verticale -, elle absorbe des fournisseurs ou des clients (entreprises situées à des stades différents et complémentaires de la production).

Le tableau ci-dessous permet d'évaluer l'importance de la concentration dans l'économie française. On peut constater que la situation est contrastée suivant le secteur considéré : les industries automobile et de l'énergie sont les championnes de la concentration avec une quasi nécessité de constituer de grands groupes, tandis que les industries agricoles et alimentaires sont concernées dans une moindre mesure par ce phénomène. Mais, au-delà des différences, on peut tout de même constater l'ampleur du phénomène qui conduit, dans presque tous les secteurs, plus de la moitié des effectifs à appartenir à un groupement.

Degré de concentration des entreprises en France par secteur				
Secteur	Entreprises		Effectif salarié	
	Nombre (en milliers)	Part dépendantes d'un groupe	Effectif total (en milliers)	Part de l'effectif dépendant d'un groupe
Industries agricoles et alimentaires	64	4 %	606	55 %
Industries des biens de consommation	64	8 %	714	64 %
Industrie automobile	2	25 %	286	90 %
Industries des biens d'équipement	40	12 %	838	72 %
Industries des biens intermédiaires	61	17 %	1 535	73 %
Energie	2	22 %	232	96 %
Construction	301	2 %	1 284	30 %
Commerce	568	5 %	2 895	50 %
Transports	88	6 %	852	67 %
Services aux entreprises	354	8 %	2 646	66 %

(source : INSEE)

1.2 Quelques exemples emblématiques

La grande distribution est une illustration typique de ce phénomène de concentration financière des marques, la tendance étant à l'accélération de cette pratique. C'est ainsi que les 5 premières entreprises totalisaient 59% des ventes en 1992 pour atteindre quasiment 68% en 1999. Le géant formé suite à la fusion Carrefour-Promodès réalise à lui seul 23 % des parts de marché français et est désormais le 2^{ème} groupe mondial.

Comme suggéré dans le tableau ci-dessus, l'industrie automobile est particulièrement sujette à ce type d'évolutions comme nous allons l'illustrer avec l'industrie européenne de poids lourds : entre 1970 et 2000 le nombre de groupes est passé de 24 à 6 (suite, par exemple, à la fusion de Volvo et Renault VI-Mack en 2000) et 93 % de la production mondiale est assurée par seulement 8 groupes.

2- Globalisation et conséquences...

2.1 Internationalisation des firmes

Comme nous l'avons vu avec l'exemple de Volvo et Renault, la concentration des entreprises passe le plus souvent par la constitution de groupes d'envergure internationale visant la conquête d'aires de marché toujours plus importantes. C'est ainsi que le tableau ci-dessous montre la grosse importance des transactions transfrontalières dans les fusions effectuées par les groupes européens, en particulier quand les opérations considérées mettent en jeu des sommes importantes (et concernent donc de grosses entreprises).

Opérations dont les acquéreurs sont des entreprises européennes (% des montants mis en jeu)			
	Petites opérations (< 10 Meuros)	Grosses opérations (>10 Meuros)	TOTAL
Transaction domestique	64.7	45.6	45.8
Transaction transfrontalière	35.3	54.4	54.2

(source : Dornier)

Le tableau ci-dessous donne quelques exemples de *groupes de distribution* réalisant une part importante de leur chiffre d'affaires à l'étranger que ce soit par des acquisitions de firmes étrangères ou simplement par une politique d'extension internationale de la maison-mère.

	Pays d'origine	Nombre de magasins	% du CA réalisé à l'étranger
IKEA	Suède	128	88.9
DELHAIZE-le-LION	Belgique	1610	76
TENGELMAN	Allemagne	6971	50
CARREFOUR	France	1016	38
PROMODES	France	4793	35.9

(source : Dornier)

Dans le cas de *groupes de production*, cette internationalisation passe par une dissémination spatiale des unités. Ainsi, pour reprendre l'exemple évoqué ci-dessus, le groupe Renault/Volvo possède : 9 usines d'assemblage (2 en France, 1 en Espagne, 2 en Suède et 4 en Amérique du Nord), et 6 usines de réalisation d'organes (moteur, essieux, cabines) réparties entre la France et la Suède, sans compter les fournisseurs extérieurs disséminés sur la planète.

2.2 Délocalisations

En parallèle à cette internationalisation par croissance externe, la mondialisation de l'économie conduit à des modifications de la structure géographique de l'appareil de production/distribution qui se traduit par le développement croissant des délocalisations. Celles-ci peuvent être motivées par une volonté de rapprochement d'un marché prometteur à fortes perspectives de croissance qui nécessite des implantations locales pour une meilleure pénétration du marché. Mais, dans beaucoup de cas, les délocalisations d'activités des pays développés vers l'Europe de l'est ou l'Asie sont également motivées par la recherche d'avantages au niveau de la production : avantages fiscaux, main-d'œuvre bon marché, droit du travail moins contraignant pour l'entreprise... En tout cas, ce mouvement qui reste difficile à quantifier mais qui prend de l'ampleur dans les pays développés accentue la dimension internationale prise par les grandes entreprises.

2.3 Illustration sur l'exemple de Pontiac (firme multinationale américaine)

La production du véhicule « Le Mans » de Pontiac fait intervenir **neuf pays** aux différents stades de la production et de la commercialisation :
- 30% de la valeur du véhicule revient à la **Corée** pour le montage,

- 17% de la valeur du véhicule revient au **Japon** pour les composants et les technologies avancées,
- 7.5% de la valeur du véhicule revient à l'**Allemagne** pour la conception,
- 4% de la valeur du véhicule revient à **Taiwan** et **Singapour** pour les pièces mineures,
- 2.5% de la valeur du véhicule revient à la **Grande Bretagne** pour la publicité et la communication,
- 1.5% de la valeur du véhicule revient à l'**Irlande** et à la **Barbade** pour le traitement des données,
- 37% de la valeur du véhicule revient aux **Etats-Unis**.

3-Spécialisation et concentration géographique

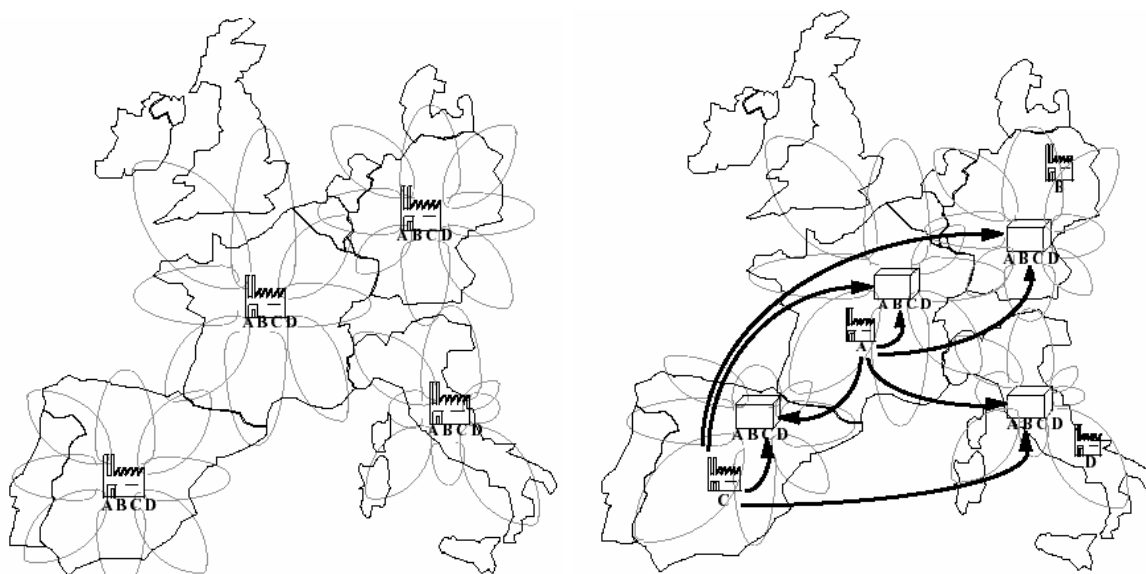
3.1 Spécialisation des hommes...

Les filières des industries à haute valeur ajoutée sont de plus en plus exigeantes en terme de qualité et, de plus en plus, chaque famille de produits bénéficie d'une technologie particulière qui requiert des personnels formés spécifiquement, garants d'une meilleure maîtrise. La nécessité de mettre en œuvre des savoirs peu formalisés et évolutifs dont la transmission efficace devient un facteur essentiel de la productivité des unités conduit à une concentration des activités dans certaines métropoles. Ces impératifs conduisent à une répartition très contrastée des activités à l'échelle du territoire national ou européen, les activités de haute technologie ayant en général des localisations métropolitaines ou littorales.

3.2...et des unités de production

En parallèle à cette concentration des bassins d'emplois, on assiste à une spécialisation des unités de production dont la logique est la mise en place de sites dédiés à la fabrication de produits spécifiques pour lesquels l'équipement requis est rentabilisé par le jeu des économies d'échelle. En pratique, un produit aura pour vocation à n'être fabriqué que dans un nombre réduit de sites dont l'aire de chalandise devra alors souvent être internationale.

Cette situation est modélisée sur les cartes ci-dessous : la carte de gauche montre la situation qui a longtemps été privilégiée, à savoir des usines polyvalentes à vocation régionale qui fabriquent l'ensemble de la gamme. A l'opposé, la carte de droite illustre la spécialisation des sites, avec des usines spécialisées à vocation internationale, fabriquant seulement une partie de la gamme.



(source : Dornier)

3.3 L'exemple de Michelin

Depuis le début des années 1980, Michelin a décidé d'opérer des regroupements industriels visant une plus grande spécialisation de ses unités de production. Ce processus a impliqué tout d'abord une réorganisation par grandes familles de produits avant de se traduire par la concentration de la fabrication d'un produit donné dans un nombre de plus en plus restreint d'unités (une ou deux à l'échelle de l'Europe).

Pour évaluer l'ampleur de ce phénomène de spécialisation et ses conséquences sur les flux de marchandises, on peut s'intéresser au volume des flux import des 5 principaux pays européens producteurs (France, Royaume-Uni, Espagne, Italie, Allemagne). Ceux-ci sont dus à la conjonction de 2 facteurs :

- les déséquilibres entre la production et la consommation pour les pays concernés et,
- la spécialisation qui occasionne des échanges importants entre les différentes unités de production.

On peut montrer que le premier facteur est peu pertinent puisque les pays concernés sont quasiment autosuffisants : le coefficient d'autosuffisance (c'est-à-dire le ratio entre les produits vendus provenant du pays concerné et la consommation de ce pays) est proche de 1 pour tous les pays (à l'exception de l'Italie) et les flux import sont donc principalement dus à la spécialisation des unités de production.

Or, 45% du tonnage vendu en Europe est issu de flux import : du fait de la spécialisation des unités de production, près de la moitié des produits est vendue dans un pays différent de son lieu de production. On peut illustrer ce phénomène avec les chiffres concernant la France.

Origine des flux de produits vendus en France					
Pays origine	France	Allemagne	Italie	Espagne	Royaume-Uni
Pourcentage (%)	64	11	9	9	7

(source : Dornier)

De même, la production française représente entre 22 % (Espagne) et 31% (Italie) des produits vendus dans les autres pays européens.

4- Centralisation des structures de distribution

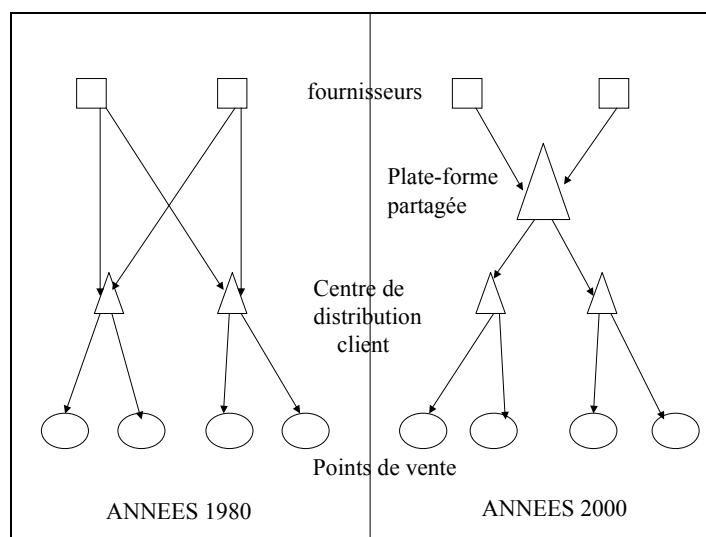
4.1 Des livraisons directes...

Il y a une vingtaine d'années, l'approvisionnement des distributeurs était principalement assuré directement par les fournisseurs à partir de leurs propres dépôts régionaux ou locaux où se trouvaient les stocks industriels; les opérations logistiques étaient entre les mains des fournisseurs qui les contrôlaient par le jeu des livraisons *franco*.

4.2...à la centralisation logistique

Peu à peu, les entreprises de distribution ont voulu développer leurs propres stratégies logistiques indépendamment des fournisseurs ou des intermédiaires (grossistes) en centralisant les flux avec l'objectif de combiner massification, flexibilité et réactivité. C'est ainsi que la plupart des enseignes ont investi dans la construction de leurs propres entrepôts et plates-formes à différentes échelles (entrepôts centraux ou régionaux, plate-forme d'éclatement) dont le rôle est de s'intercaler entre les fournisseurs et les points de vente afin d'assurer une gestion mieux adaptée aux exigences de la distribution en permettant notamment une massification des flux à partir de ces plates-formes. On assiste même récemment à une « mutualisation des envois » entre différents distributeurs : un grand nombre de fournisseurs livre sur la plate-forme la plus proche où les produits sont regroupés pour être transportés en commun sur de longues distances avant d'être partagés à l'arrivée (cf schéma ci-dessous).

Globalement, on constate une augmentation de la taille et du nombre des entrepôts et des plates-formes. Ainsi, en France, le pourcentage des entrepôts de plus de 10000 m² est passé de 11% en 1980 à 23.5 % en 2000 ; en parallèle, ces gros entrepôts sont principalement regroupés dans 5 régions (Ile-de-France, Rhône-Alpes, Nord, Picardie, Lorraine).



(source : Gacogne)

Cette tendance accompagne un renversement des rapports de force avec une position dominante de plus en plus tenue par les entreprises de grande distribution qui imposent à leurs

fournisseurs leurs conditions (par exemple en les forçant à livrer sur les entrepôts distributeurs). Par exemple, Auchan est actuellement à 95 % de passage par entrepôts et plateforme pour l'alimentaire et 50% pour le non-alimentaire (avec l'objectif de passer à 80% dans les prochaines années).

Cette évolution a été rendue possible grâce aux progrès de l'informatique qui ont permis une approche intégrée de l'ensemble du processus de production-distribution et une meilleure gestion de la complexité croissante des interactions entre acteurs induite par ces nouveaux modes de fonctionnement. C'est ainsi que s'est développée au cours des 10 dernières années une approche par « Supply Chain Management » qui vise une étroite collaboration entre les différents échelons afin de sécuriser les approvisionnements tout en maîtrisant les niveaux de stocks et en limitant les coûts.

5-Développement du Juste-à-Temps (JAT)

En parallèle de ces modifications spatiales du système de production-distribution, on assiste à une généralisation du fractionnement temporel des flux à travers la logique des flux tendus et du juste-à-temps. L'objectif de cette innovation organisationnelle que constitue le JAT est relativement simple : acheter ou produire seulement ce dont on a besoin, quand on en a besoin. Ce système nécessite de rendre la circulation des flux quasi-continue (en réduisant autant que possible les stocks intermédiaires) et doit s'appuyer sur des formes de production très flexibles permettant de répondre à des commandes urgentes ainsi que sur des systèmes d'information performants permettant un pilotage « en temps réel » des flux tout au long de la chaîne. On a en conséquence assisté entre 1991 et 2001 à une réduction de 20 % de la taille des envois et à une diminution des stocks de produits finis de l'ordre de 15%. Au niveau de la production, cette pratique permet ainsi de coller le mieux possible aux exigences des consommateurs en termes de délais et de personnalisation des produits tandis qu'au niveau de la distribution, la suppression des stocks conduit à remplacer le plus possible les surfaces de stockage par des surfaces de vente afin d'offrir plus de diversité.

Cependant, ce système impose de nombreuses contraintes qui conditionnent de plus en plus l'organisation logistique et qui lui confèrent une position centrale au cœur du processus productif : réglage permanent des flux, surveillance des transferts (que ce soit entre différentes usines ou entre postes de travail successifs sur un site donné). Ainsi, pour la logistique amont (approvisionnements), la difficulté tient à la complexité des flux et à la fiabilité des transporteurs (un simple retard peut conduire à l'arrêt total de la chaîne avec des coûts énormes). Quant à la distribution, la difficulté consiste à offrir un service de livraisons fréquentes et rapides à des clients qui sont de plus en plus dispersés géographiquement sans induire une explosion des coûts de transport.

Ces difficultés liées au JAT orienteront les choix d'organisation de la chaîne logistique dans son ensemble. C'est ainsi par exemple que les constructeurs automobiles (secteur particulièrement touché par la logique de flux tendus) ont fortement diminué le nombre de leurs fournisseurs pour réagir à la complexité accrue des approvisionnements.

Evolution du nombre de fournisseurs pour 2 entreprises du secteur automobile				
entreprise	1985	1992	1996	Variation 1985/1996 (%)
PSA	2200	900	450	-80 %
Renault	1700	950	840	-50 %

(source : VALLIN)

On peut ainsi noter le lien qui existe entre le développement du JAT et certaines tendances logistiques que nous avons déjà signalées (spécialisation de la production, concentration de la distribution), ces évolutions ayant souvent eu lieu en parallèle et aboutissant aux mêmes logiques organisationnelles.

6- Externalisation / Sous-traitance

Alors que dans les années 1980 l'externalisation ne concernait principalement que l'acheminement des marchandises (transport proprement dit), les entreprises se sont engagées dans un mouvement de sous-traitance d'un nombre croissant d'activités réalisées auparavant en propre. Le taux d'externalisation atteint 30 % en France et, au-delà du transport (qui reste largement la principale source d'externalisation), les principales opérations logistiques concernées sont les tâches banalisées (entreposage, manutention), mais gagnent petit à petit des compétences à plus forte valeur ajoutée telles que la préparation de commandes (emballage, étiquetage). Le prestataire est ainsi de plus en plus intégré dans le système logistique de son client.

L'ampleur de l'externalisation dépend de nombreux facteurs :

- le domaine** : le transport est toujours l'activité la plus massivement concernée (80% des entreprises) et la part du compte propre dans le transport routier est en baisse constante (de 42% des tonnes-kilomètres en 1985 à 26 % en 1995). De même l'entreposage est fortement sous-traité (60% des entreprises) au contraire de la gestion de l'information ou des opérations de bout de chaîne dont la majorité des entreprises préfèrent conserver la responsabilité.
- le secteur d'activité** : l'industrie informatique et l'industrie agroalimentaire sont les secteurs les plus enclins à l'externalisation, au contraire de la grande distribution ou de l'industrie automobile.

Les objectifs qui conduisent à un renforcement et à une diversification de cette tendance sont :

- faire face à la complexité croissante du système de production-distribution en se recentrant sur son cœur de métier.
- rationaliser les coûts : recours à un spécialiste du domaine qui réalise des économies d'échelle sur plusieurs dossiers, qui bénéficie déjà des compétences et des investissements nécessaires...
- limiter les risques : le prestataire est soumis à une obligation de performance qui permet à son client de définir ses besoins pour une tâche donnée et d'être assuré de les voir satisfaits.

B-Analyse théorique des choix d'organisation des activités économiques

L'objectif de cette partie est de montrer comment l'analyse économique intègre la dimension spatiale et dans quelle mesure la prise en compte des contraintes liées au transport permet de comprendre les évolutions des organisations logistiques que nous avons constatées.

1-Théorie économique néo-classique.

On est ici dans le cadre d'une concurrence pure et parfaite entre firmes, de produits homogènes et de procédés à rendements d'échelle constants. Les choix d'organisation des entreprises s'orientent en fonction de facteurs sous-jacents tels que l'existence de matières premières ou de technologies. Les localisations sont alors déterminées à partir de ces dotations exogènes qui conduisent à une spécialisation inter-industrie reposant sur les avantages comparatifs.

Dans ce contexte, le transport doit intervenir pour définir quels sont véritablement les avantages comparatifs d'une région par rapport à une autre. Considérons en effet un produit P particulier qui peut être produit dans deux régions A et B avec des coûts P_A et P_B (on suppose $P_A < P_B$, c'est-à-dire que la région A dispose d'un avantage comparatif au niveau de la production). On note T_A (resp. T_B) le coût de transport de la région A (resp. région B) vers le marché. La localisation de l'activité dans la région A ne se justifie alors que si $P_A + T_A < P_B + T_B$.

Ce modèle très simple permet d'interpréter qualitativement certains phénomènes que nous avons évoqués précédemment, comme la délocalisation des unités de production. En effet, dans un contexte de baisse des coûts de l'énergie, le coût du transport est bien souvent négligeable par rapport au coût de fabrication ($T \ll P$), ce dernier devenant donc le critère exclusif de localisation. Pour le diminuer, il paraît ainsi logique de délocaliser les usines vers des pays où les avantages comparatifs de production sont importants (faible coût de la main-d'œuvre, avantages fiscaux...) même si cette organisation est plus consommatrice en transports.

Cependant, cette description reste peu satisfaisante car elle ne permet pas d'expliquer de nombreux phénomènes qui caractérisent les organisations modernes comme la spécialisation intra-firme des unités de production ou la concentration géographique des activités.

2-La Nouvelle Economie Géographique

Dans les nouvelles théories développées depuis les années 1980, les économistes (notamment Krugman) visent à démontrer les mécanismes économiques expliquant les disparités spatiales (agglomérations) qui peuvent apparaître spontanément au sein d'un ensemble de régions dont les caractéristiques sont relativement homogènes initialement. Le but est d'étudier la répartition géographique des activités humaines et la structuration des échanges, ce qui requiert comme on l'a vu de dépasser le cadre des théories économiques traditionnelles.

2.1 Un nouveau cadre d'analyse de la localisation des activités

Des forces économiques de nature opposée...

Dans ce contexte, on décrit les choix de localisation et d'organisation comme résultant d'un équilibre entre forces d'agglomération et forces de dispersion.

Les premières vont dans le sens d'un regroupement des activités : constitution de zones géographiques dédiées, concentration financière, rapprochement des lieux de consommation... Parmi les principales forces d'agglomération, on peut citer les économies d'échelle, la diminution des coûts de transaction et le rapprochement des lieux de consommation. Il faut également tenir compte de certaines externalités positives comme une meilleure circulation de l'information ou l'existence de biens publics locaux.

Les secondes poussent au contraire à une distribution des activités plus homogène au sein du territoire ; ces forces sont principalement liées à l'intensité de la concurrence (qui est moins forte dans les zones périphériques) sur les produits finals ou sur les facteurs de production ainsi qu'à l'existence potentielle de phénomènes locaux de saturation (élévation des salaires et des prix du foncier due à l'intensité de la demande dans les villes, congestion des transports aux nœuds du réseau...).

... pour comprendre la dynamique d'évolution des organisations

Le processus de choix et d'évolution des localisations se fait ici à contre-pied de la théorie classique décrite ci-dessus : la formation d'avantages comparatifs apparaît comme une conséquence de l'ouverture des échanges et de la division internationale du travail, et non comme une cause. En effet, alors que la théorie classique énonçait que deux nations sont d'autant plus susceptibles d'échanger qu'elles sont différentes, l'approche endogène avance que deux nations, même si elles sont comparables sur quelques critères précis, peuvent avoir à échanger dès lors que la spécialisation permet à chaque pays d'améliorer son efficacité. En créant des avantages comparatifs, l'échange amorce un processus de divergence structurelle.

Or, ce qui est valable pour le commerce international qui se focalise sur la rationalisation des échanges entre pays peut également s'appliquer à l'organisation logistique des entreprises qui vise à coordonner les échanges entre les différentes entités du système de production-distribution. Cette transposition des processus d'agglomération spatiale se concrétisera par la polarisation des systèmes productifs qui est à la base de la plupart des évolutions observées.

Cette vision endogène des processus de localisation conduit alors à considérer l'évolution des organisations comme une suite d'équilibres localement stables résultant des contraintes du système ; à chaque étape, l'intensité des différentes forces en jeu va se modifier en fonction de la situation atteinte et décider de l'évolution future du système dans son ensemble. Ainsi, la situation que l'on peut atteindre n'est pas unique mais dépend au contraire d'un nombre important de facteurs, la modification d'un seul paramètre pouvant modifier radicalement le résultat de long terme.

2.2 Localisation d'une usine : introduction des économies d'échelle

Dans ce paragraphe, nous nous intéressons au cas idéal du choix de localisation d'une firme isolée, c'est-à-dire ne faisant face à aucune concurrence (ni sur les facteurs de production ni sur les marchés finals). Ce problème a été abordé de longue date dans le cadre de l'économie classique : Weber proposait déjà en 1909 de résoudre ce problème en

minimisant la somme pondérée des distances entre l'usine et ses points d'approvisionnement (facteurs de production) ou de livraison (lieux de consommation), ce qui revient à minimiser les distances (et donc les coûts) du transport.

Cependant, cette description n'est pas réaliste puisqu'elle suppose que les entreprises choisissent le nombre d'usines à implanter avant de déterminer leur localisation. En pratique, la prise en compte de l'indivisibilité du processus de production conduit au contraire à effectuer ces deux choix de manière concertée. Pour mieux comprendre ce phénomène, on introduit une modélisation plus réaliste des processus d'organisation modernes qui rompt avec la description classique fondée sur les rendements constants : **les rendements d'échelle croissants**, hypothèse qui exprime l'idée simple que la production dans une usine de grande capacité permet des économies sur les coûts de production, constituent en effet un exemple caractéristique de ces indivisibilités. La localisation des activités apparaît alors comme un arbitrage entre, d'une part, les gains en coût de transport dus à la proximité vis-à-vis des fournisseurs et des clients et, d'autre part, ceux permis par les économies d'échelle.

Cette approche permet alors de mieux aborder certaines des évolutions logistiques que nous avons rencontrées comme la spécialisation croissante des unités de production (qui permet des gains par une production massifiée) ou le développement de la sous-traitance (en effet, un prestataire spécialisé dans une activité logistique peut regrouper les demandes de nombreux clients et profiter d'économies d'échelle grâce à son organisation).

2.3 Interactions entre firmes et choix de localisation

La localisation et l'organisation des activités économiques ne peuvent évidemment pas se résumer à la situation décrite ci-dessus : les processus liés à l'existence de plusieurs firmes (appartenant ou non au même secteur) doivent également être pris en compte. Ils peuvent prendre plusieurs formes et nous allons indiquer ici quelques modélisations théoriques rendant compte de telles situations .

Accessibilité géographique au marché : le modèle de Von Thunen

Ce modèle, initialement destiné à la justification de la localisation des activités agricoles, peut s'appliquer à la compréhension de l'organisation d'activités de nature différente autour d'une agglomération.

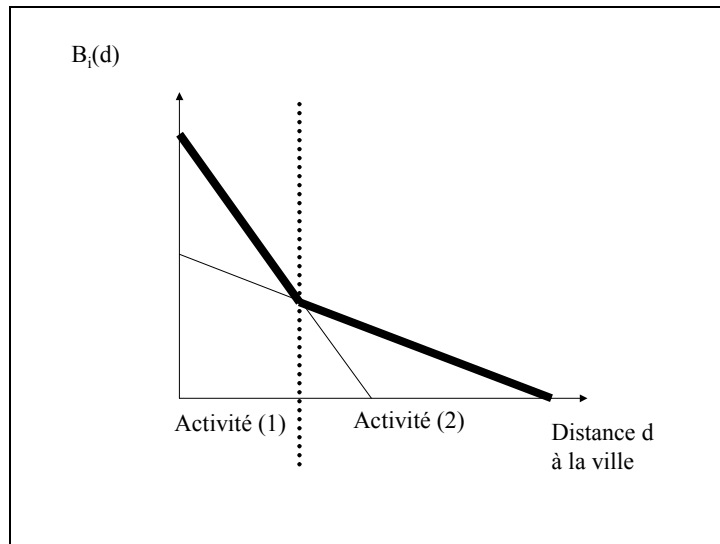
Considérons une ville autour de laquelle doivent se localiser 2 types d'activités (i) de natures différentes. On note :

- p_i le prix de vente, q_i la quantité de produit par unité de sol, c_i le coût de production d'une quantité q_i
- k_i le coût de transport (par unité de longueur) d'une quantité q_i de produit(i)
- k'_i le coût de transport (par unité de longueur) de la main-d'œuvre pour produire q_i (valeur du temps...)

Le bénéfice par unité de surface s'écrit alors pour le produit (i) :

$$B_i(d) = p_i - c_i - (k_i + k'_i) * d$$

Pour fixer les idées, on considère une activité (1) tertiaire à haute valeur ajoutée (p élevé, k nul, k' très élevé) et une activité (2) à faible valeur ajoutée par unité de surface (p faible, k assez important et k' nul).



On obtient ainsi une localisation optimale des activités qui prend la forme d'une distribution concentrique où les activités fortement consommatrices d'espace à faible valeur ajoutée sont reléguées à la périphérie.

Ce modèle très simplifié peut être étendu à des régions multipolaires mais perd de sa validité si on a des brisures de symétrie spatiales (est/ouest par exemple). Il permet de mettre en évidence que, dans des conditions d'une compétition parfaite, l'accessibilité au marché (des biens ou des facteurs de production) peut être un déterminant important de la localisation.

Economies d'agglomération : les externalités locales

L'objectif est ici de compléter le cadre de l'économie néo-classique dont on a vu qu'elle ne s'appuie que sur des critères de localisation exogènes qui sont insuffisants pour rendre compte des processus d'agglomération.

L'idée sous-jacente est que la concentration spatiale constitue en soi un environnement favorable pour les activités économiques, ce qu'on modélise dans ce cadre par l'émergence d'externalités positives. On distingue les externalités pécuniaires et non-pécuniaires.

Les premières, qui se réfèrent à des interactions passant par un marché, concernent les interactions entre firmes et ménages (la proximité entre firmes et ménages facilite l'échange en termes de compétences de la main-d'œuvre sur le marché du travail et favorise l'accès à une variété de biens et de services) mais aussi les interactions entre différentes firmes (la proximité facilite les échanges verticaux intra-industrie et horizontaux inter-industrie)

Les interactions non-pécuniaires sont quant à elles liées aux échanges d'informations, à la diffusion de nouvelles technologies et vont pousser des entreprises d'un même secteur à se regrouper dans des zones géographiques proches afin de faciliter la diffusion de la connaissance (c'est l'exemple classique de la Silicon Valley).

Concurrence monopolistique : la différenciation à tout prix

Dans l'optique d'une description réaliste des mécanismes de localisation, il se révèle souvent nécessaire de renoncer aux paradigmes de la description habituelle de l'économie. C'est pourquoi l'économie géographique va remettre en cause l'hypothèse habituelle d'une concurrence pure et parfaite pour introduire au contraire l'idée d'une concurrence imparfaite

entre firmes (monopolistique voire oligopolistique). Cette nouvelle description aura des conséquences importantes sur les choix d'organisation.

Pour illustrer simplement ce phénomène, on peut se référer à la description faite originellement par Hotelling de 2 marchands de glace voulant construire un magasin le long d'une plage. Si on suppose qu'ils sont preneurs de prix, l'effet d'aire de marché va les conduire à se localiser au même endroit pour avoir accès au plus grand nombre de consommateurs (principe de différenciation minimale). Mais si on introduit une compétition en prix (concurrence imparfaite), les marchands vont au contraire se placer aux deux bouts de la plage pour atténuer les effets de la concurrence par les prix qui rogne les bénéfices.

Ainsi, la concurrence monopolistique conduit chaque entreprise à miser sur une différenciation maximale de sa production vis-à-vis de la concurrence que ce soit pour la nature proprement dite des produits (d'où la multiplication des références proposées et la complexification croissante des processus de production avec augmentation du nombre d'étapes intermédiaires) ou pour la qualité du service associé (réduction des délais par le juste-à-temps par exemple).

En toute généralité, cette différenciation prend la forme d'une organisation logistique optimisée visant à offrir un avantage stratégique vis-à-vis de la concurrence et sera d'autant plus importante que la concurrence est intense.

Relation circulaire et auto-renforcement des effets

La dynamique de localisation des firmes fait intervenir des effets de rétro-action qui soulignent les interactions entre ménages et entreprises. Plus précisément, les ménages sont attirés par les zones où la plus grande densité de firmes offre plus de possibilités (en termes d'emploi, de diversité des produits...) et les firmes sont attirées par les endroits où la plus grande densité d'habitants offre l'avantage d'une réserve de main-d'œuvre et de consommation.

C'est ainsi que la distribution géographique des activités peut s'expliquer par un accident originel qui a créé une petite asymétrie dont l'ampleur s'est constamment accrue sous l'action du phénomène de relation circulaire décrit ci-dessus.

3-Le rôle des coûts de transfert

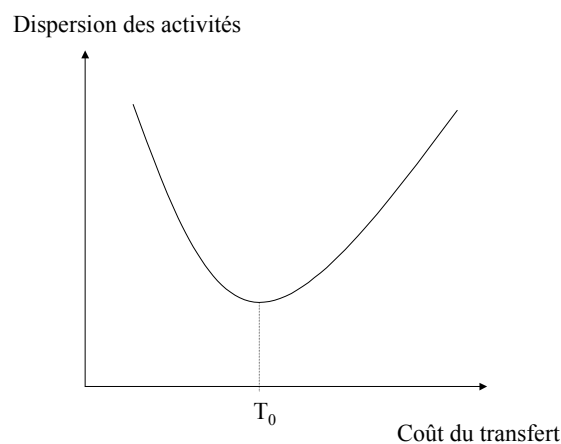
Les coûts de transfert recouvrent tous les frais qui accompagnent les mouvements des biens, que ce soit au cours de la production (échanges de biens intermédiaires) ou de la distribution vers les lieux de consommation. Ils résultent principalement des obstacles fixes (passages aux frontières, rupture de charge) et des coûts de transport proprement dits.

Krugman et Venables ont montré que la tendance à situer les unités de production au plus proche du marché (ce qui revient à limiter la consommation de transport) est maximale pour des valeurs des coûts de transfert qui ne sont ni trop hautes ni trop faibles :

- des valeurs très élevées des coûts de transfert réduisent fortement la mobilité des biens et exacerbent la concurrence entre firmes se trouvant sur un même marché, celles-ci ayant alors intérêt à instaurer une différenciation spatiale entre elles : la force dominante est la force de dispersion due à la concurrence sur les marchés de produits finis.
- pour des valeurs très faibles des coûts de transfert, la distance entre les lieux de production et le marché n'est plus un facteur limitant et les entreprises peuvent

orienter leurs choix de localisation dans le seul but d'obtenir les meilleures conditions de production : la force dominante sera à nouveau la dispersion mais due cette fois à la concurrence sur les facteurs de production (l'exemple le plus évident étant la recherche de main-d'œuvre bon marché ou de rentes foncières). C'est dans ce dernier cas que se trouve actuellement l'économie mondiale (suppression progressive des barrières douanières, baisse du coût de l'énergie), ce qui permet de comprendre la tendance à la dispersion des activités qui est actuellement en vigueur.

Finalement, pour des valeurs intermédiaires de ces coûts, la force de dispersion devient moins importante et peut être dominée par certaines composantes de la force d'agglomération comme la réduction des coûts de transaction ou l'augmentation de la demande due au rapprochement entre lieux de production et marché de consommation.



Afin de mieux comprendre les logiques de localisation des firmes_ et notamment de quantifier le seuil T_0 introduit ci-dessus_ nous allons entrer dans le fonctionnement interne d'une entreprise afin de mettre en avant les arbitrages qui y sont réalisés.

II- Approche micro-économique

L'objectif est ici de comprendre les motivations économiques des décisions logistiques prises par les entreprises, que ce soit au niveau stratégique (mise en place à moyen ou long terme de l'organisation globale du système de production-distribution) ou au niveau opérationnel (gestion efficace à court terme du système tel qu'il est).

Les principaux arbitrages *stratégiques* concernent :

- la structure de distribution :
 - degré de centralisation de la structure de distribution (nombre de niveaux de distribution dans le réseau)
 - fonctionnement des centres de distribution à chaque niveau (nombre, situation géographique -)

- la structure de production :
 - nombre et localisation des sites de production
 - degré de spécialisation des sites

Quant aux décisions *opérationnelles*, elles visent principalement à arbitrer à chaque niveau entre niveaux de stocks et coûts de transport (avec, par exemple, le rôle central du juste-à-temps dans les structures modernes).

A-Description générale des coûts d'une entreprise

Toutes les décisions d'organisation logistique d'une entreprise sont le résultat d'un arbitrage entre les coûts de gestion des stocks et les coûts de transport visant à atteindre un optimum économique.

C'est le cas des grandes décisions d'organisation du système productif que nous avons évoquées dans la partie précédente. Pour prendre un exemple, le choix d'avoir un réseau d'unités de production spécialisées au rayonnement international permet de diminuer le prix de revient des produits en profitant d'économies d'échelle ; ceci permet de réduire le coût d'immobilisation de la marchandise (qui est proportionnel à sa valeur). En contrepartie, un tel choix va impliquer des déplacements plus importants que dans le cas d'usines polyvalentes au rayonnement régional et donc augmenter les dépenses dues au transport.

Le choix d'une organisation en flux tendus relève de la même logique : elle permet de diminuer les stocks intermédiaires mais requiert une plus grande consommation de transports (envois plus fréquents et moins volumineux).

On va donc chercher à donner une description simplifiée de ces 2 postes de coûts qui seront à la base de toutes les décisions logistiques des chargeurs, c'est-à-dire des utilisateurs de transport.

1-Coûts moyens de gestion par unité de temps

Ce poste de dépenses est lié à la politique de stocks adoptée par l'entreprise et se décompose en 3 types de coûts

1.1 Coûts de stockage

La constitution de stocks constitue pour l'entreprise une source de dépenses qui a principalement 3 origines :

-les coûts logistiques liés à la nécessité de posséder des structures physiques destinées à l'entreposage des stocks. Il s'agit en particulier de la location des locaux, des frais d'entretien, de manutention...

-la perte financière due à l'immobilisation de capitaux dont la valeur aurait pu être investie autrement. Ce coût est proportionnel à la valeur du produit et à la durée du stockage

-les coûts d'obsolescence dus à la dégradation possible des produits au cours de leur entreposage

En première approximation, on ne considèrera que les coûts liés au niveau de stocks qui sont les seuls pouvant intervenir dans la définition d'une stratégie.

1.2 Coût d'approvisionnement

Ce poste de dépenses recouvre les frais induits par le lancement d'un approvisionnement. Il peut s'agir aussi bien des coûts de transaction de la commande auprès d'un fournisseur que des dépenses induites par la production.

Dans le premier cas, on considère que le coût de transaction est fixe et que la variable de décision pertinente est donc le nombre de réapprovisionnements au cours d'une période donnée. Quant au coût de production, il ne peut intervenir comme variable de décision que dans le cas où le prix de revient dépend de la quantité consommée (ce qui peut par exemple être le cas si on a des économies d'échelle).

1.3 Coût de rupture de stocks

Cette dernière composante est plus difficile à modéliser : elle peut par exemple représenter le manque à gagner si une partie de la demande est perdue.

1.4 Bilan des coûts de gestion

Cas général

On note :

m le taux moyen de la demande en unités par unité de temps

Q la quantité approvisionnée

C_p le coût fixe de réapprovisionnement

$P(Q)$ le prix de revient d'une unité

c_s le coût de stockage d'une unité par unité de temps

(on a alors $c_s = k \cdot P(Q)$, avec k indépendant de la valeur du produit stocké)

Alors, le coût de stockage par unité de temps d'une quantité approvisionnée Q est :

$$C(Q) = c_p \cdot \frac{m}{Q} + c \cdot \frac{Q}{2} + m \cdot P(Q)$$

Cas particulier : P indépendant de Q

$$C'(Q) = -C_p \cdot \frac{m}{Q^2} + \frac{c_s}{2}$$

La période de réapprovisionnement est définie par $T=Q/m$.

La valeur de T qui minimise les coûts de gestion est alors donnée par : $T = \sqrt{\frac{2 \cdot C_p}{m \cdot c_s}}$

On peut ainsi noter (comme on pouvait s'y attendre) que, en l'absence de coûts de transport, l'espacement entre deux commandes augmente quand le coût relatif du réapprovisionnement vis-à-vis du stockage augmente.

2-Les coûts de transport

2.1 Modélisation du coût du transport routier

On se place dans le cas simple où un chargeur fait appel à un transporteur pour les mouvements de marchandises dont il a besoin et on se limite au transport routier (dont on a pu voir qu'il était le mode dominant).

Les tarifs unitaires (à la tonne transportée) s'appuient principalement sur 2 critères : la distance et la tranche de tonnage. Le tableau ci-dessous détaille la Tarification Routière de Référence pour un ensemble de 40 t de PTAC qui est utilisée comme base de négociation et qui représente bien la structure des tarifs pratiqués.

Prix unitaire du transport (en Francs/tonne) en fonction de la classe de tonnage et de la distance.								
	3 t à 4.9 t	5t à 6.9 t	7t à 9.9 t	10t à 14.9 t	15t à 19.9 t	20t à 22.9 t	23t à 24.9 t	25 t
211 km à 215 km ...	372	268.8	225.6	189.4	163	151.2	143.9	140.3
441 km à 450 km ...	606.1	438	367.6	308.6	265.6	246.4	234.4	228.6
641 km à 660 km ...	796.4	575.4	483	404.5	349	323.8	308	300.4

(source :Vallin)

- On introduit la grandeur λ_t comme le rapport du tarif de la tranche t à celui de la tranche 25 t.

L'utilisation des valeurs indiquées dans le tableau ci-dessus montre que cette valeur est indépendante de la distance et se révèle donc être caractéristique de la classe de tonnage considérée. On obtient les valeurs suivantes :

Classe de tonnage	3 t à 4.9 t	5t à 6.9 t	7t à 9.9 t	10t à 14.9 t	15t à 19.9 t	20t à 22.9 t	23t à 24.9 t	25 t
λ_t	2.651	1.916	1.608	1.350	1.162	1.078	1.025	1

- Pour la dépendance avec la distance, on effectue une régression de la colonne 25 t et on obtient avec une bonne approximation une dépendance linéaire de la forme $a \cdot d + b$; a représente le tarif marginal à la tonne-km et b est le coût de prise en charge d'une tonne.

Avec le tableau, on trouve les valeurs numériques suivantes : $a = 0.38 \text{ F/t-km}$ et $b = \text{F/t}$. (évidemment, celles-ci ne sont données qu'à titre indicatif, leur valeur dépendant fortement du produit transporté).

On obtient finalement un coût unitaire du transport routier de la forme :

$$C(d,t) = (a \cdot d + b) \cdot \lambda_q$$

2.2 Les ruptures de charge

La massification des envois qui vise à réduire les coûts fixes liés au transport nécessite un regroupement et un éclatement des volumes unitaires à charger. Cette étape s'effectue sur des sites dédiés (plate-forme, entrepôt) dont le coût d'exploitation comprend des charges variables dépendant de l'intensité de l'activité de manutention (main-d'œuvre, encadrement...) et des coûts fixes (matériel, coûts foncier et administratif).

L'ampleur des coûts dépendra évidemment de l'activité étudiée (niveau de qualification des employés, type d'équipement, quantité de matériel...) et de la localisation (prix du foncier...).

3-Importance des coûts de transport dans quelques secteurs.

A partir de la description ci-dessous, on peut considérer que le coût du transport est un élément crucial dans les choix d'organisation d'une entreprise. Néanmoins, l'importance de ce paramètre dépendra fortement du produit concerné et notamment du poids du transport dans le prix du produit comme nous allons l'illustrer ci-dessous à travers la comparaison de 3 secteurs.

Définitions :

Marge de transport : elle représente la demande de la branche concernée en service de transport. On la mesure par le prix payé par l'acquéreur du bien pour son transport.

Taux de marge de transport : marge de transport rapportée au total de la production et des importations de ce produit.

Secteur		Taux de marge de transport
Industrie automobile		1.5 %
Agriculture et Industrie Agroalimentaire	Produits agricoles, sylvicoles et de la pêche	3.3 %
	Produits Agroalimentaires	6 %
Minéraux et matériaux de construction		9.6 %

(source : Barbier)

Cette différence fondamentale dans la place du transport rejaillira évidemment sur le volume de transport consommé. Pour prendre un exemple, alors que les échanges de matériaux de construction se limitent aux pays limitrophes (le coût du transport est un paramètre important dans ce secteur), les constructeurs automobiles sont largement mondialisés avec des structures de production internationalisées et des clients dans de très nombreux pays (le coût du transport ne joue qu'un rôle secondaire dans les choix).

4-Exemples d'analyse micro-économique

Notre objectif est de montrer, à travers des exemples simplifiés, le type d'arbitrage économique réalisé au sein d'une entreprise pour décider des orientations logistiques à prendre. Cette illustration qui ne peut être que qualitative au vu de la simplification des modèles peut permettre de mettre en avant l'importance d'un certain nombre de paramètres.

Nous allons prendre 2 exemples correspondant à 2 questions précises que peut se poser une entreprise :

- Doit-on effectuer des livraisons directes au client ou organiser un passage par plate-forme ?
- Doit-on organiser une distribution en JAT ?

2.1 Utilisation d'une plate-forme

Présentation du modèle

On considère la situation simplifiée suivante :

- Une usine A produisant une quantité q d'un bien.
- Un marché M où se trouve le lieu de consommation
- Une plate-forme PF qui reçoit une quantité q' de biens à livrer en M de la part des autres usines.

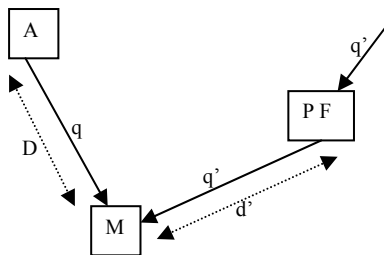
On note respectivement d la distance A-PF, d' la distance PF-M et D la distance A-M.

On fait de plus les hypothèses suivantes :

- Le trajet de A à PF peut être effectué en camion complet : $\lambda_{-q} = 1$
- Les trajets terminaux sont conditionnés par les choix de client qui impose la quantité livrée, ce qui conduit à une valeur $\lambda > 1$

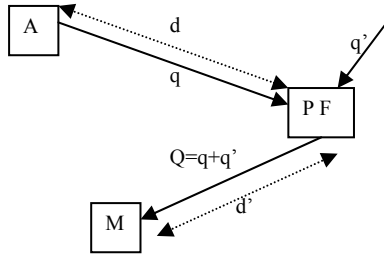
2 solutions d'organisation sont possibles :

1) *livrer directement de A à M.*



$$\begin{aligned}
 C_1 &= (\text{trajet } A-M) + (\text{trajet } PF-M) \\
 &= q\lambda \cdot (aD + b) + q'\lambda \cdot (ad' + b)
 \end{aligned}$$

2) livrer la marchandise de A en passant par PF



$$C_2 = (\text{trajet } A - PF) + (\text{rupture de charge}) + (\text{trajet } PF - M) \\ = q \cdot (aD + b) + r \cdot q + (q + q')\lambda \cdot (ad' + b)$$

Arbitrage microéconomique

L'entreprise choisit le passage par plate-forme si $C_2 < C_1$. En reprenant les expressions ci-dessus, ceci se traduit par :

$$\boxed{d + \frac{b+r}{a} < \lambda \cdot (D - d')} \quad (*)$$

Commentaires :

- le passage par plate-forme est intéressant si elle se trouve près du lieu de livraison (d' petit) et si l'usine en est éloignée (D grand).
- Si λ est grand (c'est-à-dire si le taux de chargement demandé par le client est faible), la livraison terminale se renchérit, ce qui justifie le passage par plate-forme.
- Si le coût unitaire du transport est élevé (a grand), on a également un renchérissement relatif de la livraison terminale qui favorise la massification autorisée par la plate-forme.
- Si le coût de prise en charge de la marchandise est élevé (b grand) ou le coût de rupture de charge est important (r élevé), le passage par plate-forme est évidemment défavorisé.

Analyse environnementale

On se pose ici la question de savoir si la décision motivée par l'arbitrage économique décrit ci-dessus est également optimal du point de vue environnemental. Pour cela, on considère que les nuisances environnementales sont proportionnelles au trafic (en véh-km). On note Q_c la quantité de marchandises chargée dans un camion complet (trajet A-PF) et Q_p celle chargée dans les trajets terminaux (A-M et PF-M).

Le trafic T_1 (resp. T_2) induit par le schéma 1 (resp. le schéma 2) est :

$$T_1 = \frac{q}{Q_p} D + \frac{q'}{Q_p} d' \quad \text{et} \quad T_2 = \frac{q}{Q_c} d + \frac{q+q'}{Q_p} d'.$$

Le passage par plate-forme est meilleur pour l'environnement si $T_1 > T_2$

Soit : $\boxed{\frac{Q_p}{Q_c} d < D - d'}$ (**)

On voit que la condition (*) peut être remplie sans que (**) le soit : la solution économiquement favorable n'est pas forcément la meilleure pour l'environnement. Néanmoins on peut constater que si λ est grand (situation favorable pour (*)), alors Q_p est petit (situation favorable pour (**)), cette situation correspondant au cas de livraisons terminales faites par des camions peu remplis.

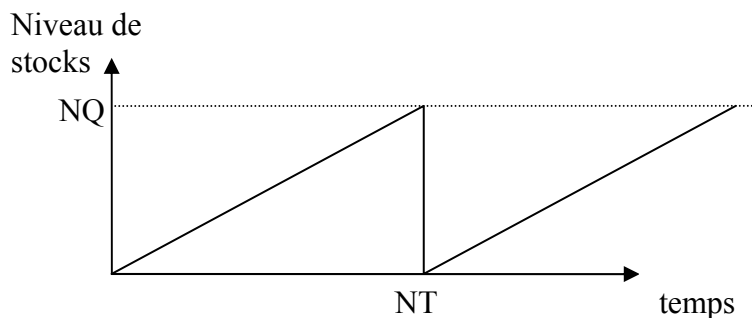
2.2 Utilisation du juste-à-temps

description du modèle

On considère une usine A et un marché M distants de D . La demande du marché est de Q unités de bien pour chaque période T . On note ρ la masse d'une unité.

2 solutions sont possibles

1) Envoyer une quantité NQ tous les NT .



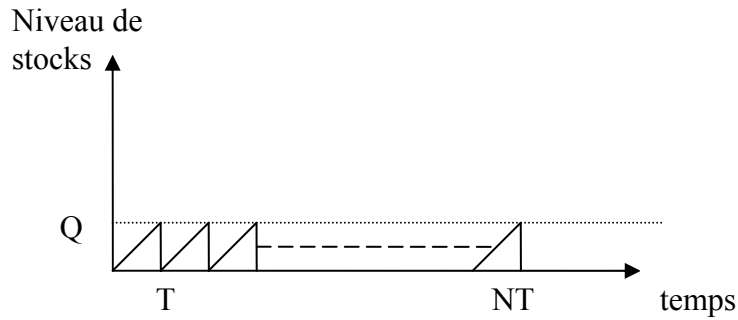
Le niveau moyen de stocks est alors $\frac{NQ}{2}$ avec une livraison tous les NT (que l'on suppose effectuée en camions complets).

Le coût au cours d'une période NT est alors

$$C_1 = \text{coût du stock} + \text{coût du transport}$$

$$= c_s \frac{NQ}{2} \cdot NT + (NQ\rho) \cdot (aD + b)$$

2) Envoyer une quantité Q tous les T (juste-à-temps).



Le niveau moyen de stocks est alors de $\frac{Q}{2}$ avec N livraisons effectuées dans des camions non remplis (de paramètre λ).

Le coût au cours d'une période NT est alors

$$C_2 = \text{coût du stock} + \text{coût du transport}$$

$$= c_s \frac{Q}{2} \cdot NT + (NQ\rho) \cdot \lambda \cdot (aD + b)$$

Arbitrage microéconomique

L'entreprise choisit l'organisation en JAT si : $C_2 < C_1 (*)$.

On fait l'hypothèse que le coût de stockage par unité et par unité de temps est proportionnel au coût de revient P du produit : $c_s = k \cdot P$ (où k représente le pourcentage de la valeur du bien perdu par unité de temps à cause du stockage).

La condition (*) donne alors : $(\lambda - 1) \cdot (aD + b) < k \frac{T}{2} (N - 1) \cdot \frac{P}{\rho}$

On note $\eta = \frac{P}{\rho}$ la densité de valeur du produit

et $\kappa = k \frac{T}{2} (N - 1)$ qui représente la fraction de valeur d'une unité du bien qui est perdue par stockage du fait qu'on a renoncé au JAT.

On obtient finalement : $\boxed{(\lambda - 1)(aD + b) < \kappa \cdot \eta} (*)$

Commentaires :

- L'expression (*) traduit le compromis à trouver entre coût de transport et coût de stockage.

- Une augmentation des coûts de transport (a grand) ou une diminution du chargement moyen (λ grand) est défavorable au JAT.
- Une densité de valeur élevée du bien (η grand) pousse au contraire à utiliser le JAT car le stockage est plus pénalisant.
- De même, une forte dépréciation des produits (κ grand) va aussi dans le sens du JAT (c'est le cas des produits périssables).

Analyse environnementale

En toute généralité, le JAT est défavorable pour l'environnement puisqu'il occasionne une multiplication des trafics.

Considérons une situation initiale où les 2 organisations sont équivalentes :

$$(\lambda - 1)(a_0 + b) = \eta_0 \kappa$$

Pour modéliser la situation de l'économie dans les pays développés, on suppose que survient une augmentation de la densité de valeur du produit : $\eta_0 \rightarrow \eta_1 = \eta_0(1 + \varepsilon)$. Cette évolution conduit à adopter le JAT.

Dans quelle proportion le prix des transports doit-il augmenter pour conduire les industriels à revenir à l'organisation initiale ?

Ce retour à l'équilibre se produira pour une valeur $a_1 = a_0(1 + \varepsilon')$ qui vérifie

$$(\lambda - 1)(a_1 + b) = \eta_1 \kappa \quad \text{ce qui donne : } \boxed{\frac{\varepsilon'}{\varepsilon} = \frac{\eta_0 \kappa}{(\lambda - 1)a_0 D}}$$

Ordre de grandeur : on considère des produits laitiers de type Yoplait pour lesquels les valeurs suivantes décrivent correctement la réalité

$$0.066 \text{ euros}/t - km < a_0 < 0.36 \text{ euros}/t - km$$

$$\eta_0 = 1.22 \text{ euros}/kg$$

$$\text{chargement moyen} = 13t \Rightarrow \lambda = 1.35$$

$$\kappa = 10\% \quad (\text{forte dépréciation car les produits sont périssables})$$

$$D = 200 km$$

En prenant une valeur moyenne pour le prix du transport, on trouve $\boxed{\frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \approx 8.7}$.

Autrement dit, si la densité de valeur du produit augmente de 1 %, il faut que le prix du transport augmente de presque 9% dans le même temps pour que les entreprises ne s'organisent pas en JAT.

B-Les familles logistiques

Cette partie s'appuie sur le rapport d'Antje Burmeister « Familles logistiques : Propositions pour une typologie des produits transportés pour analyser les évolutions en matière d'organisation des transports et de la logistique »

Nous avons étudié dans la partie précédente la logique micro-économique qui sous-tend l'organisation spatiale et temporelle des entreprises et donc, indirectement, leur consommation de transport. Cependant, réduire ces choix à un arbitrage uniquement quantitatif (réduction des coûts pour maximiser le profit) reviendrait à occulter la diversité des situations considérées. On comprend en effet facilement que les orientations du système de transport d'une entreprise agroalimentaire ne seront pas de même nature que ceux d'une firme d'informatique !

La prise de conscience de cette hétérogénéité des comportements au sein de l'appareil productif rend nécessaire l'établissement d'une *typologie logistique*. Celle-ci visera à regrouper en sous-ensembles des entreprises dont les caractéristiques d'organisation et les problématiques auxquelles doit répondre la logistique sont similaires. C'est seulement alors que pourront être mises en évidence les logiques de circulation qui peuvent expliquer de manière satisfaisante la consommation de transport.

1 Critères fondamentaux de différenciation des logiques d'organisation

des caractéristiques physiques du produit...

La classification la plus naturelle s'appuie sur les caractéristiques physiques des produits, l'hypothèse sous-jacente étant que l'appartenance à un même groupe de produits transportés induit des contraintes techniques qui seront déterminantes pour les choix logistiques.

Cependant, une telle classification apparaît trop simpliste car elle ne prend pas en compte certaines contraintes qui ne sont pas liées directement à la nature du produit mais qui ont à l'évidence une forte influence sur le système de production-distribution et l'organisation des flux de transport. En amont, on occulte ainsi les exigences dues au mode de production choisi (unités spécialisées produisant en grandes séries ou usines polyvalentes, ...), les contraintes techniques propres au produit (complexité et durée du processus de production, saisonnalité ...), la diversification de la production (production standardisée ou multiplicité des variétés...). De même, cette classification ne tient compte ni des contraintes économiques qui peuvent être imposées par la demande et qui dépendent des rapports de force au sein de la filière (passage par entrepôt distributeur ou livraison directe, « juste-à-temps imposé »...) ni des exigences des consommateurs (produits standard ou à façon...).

...à une prise en compte de l'ensemble des contraintes logistiques.

La démarche employée ici est expérimentale et micro-économique : elle consiste à analyser les résultats d'une enquête réalisée auprès de 110 établissements appartenant à des secteurs suffisamment diversifiés (industrie agroalimentaire, textile, chimie, métallurgie, mécanique) pour qu'on puisse les considérer comme représentatifs du système productif. Dans un premier temps, l'objectif est de combler les lacunes soulignées ci-dessus en mettant en évidence les facteurs nécessaires à la bonne compréhension des logiques productives d'un établissement donné.

L'analyse de terrain a conduit à retenir 5 groupes de critères principaux pour différencier les familles logistiques.

L'échelle de la production :

On oppose ici les établissements qui produisent par grandes séries en production continue (comme dans l'agroalimentaire ou la mécanique) à ceux qui sont concernés par les petites séries (comme la construction de machines). Il est à noter que l'échelle de production peut être variable même au sein d'un groupe de produits déterminé ; par exemple, sur l'échantillon considéré, la production de textiles se fait autant par un mode que par l'autre.

Ce critère est essentiel car il conditionne non seulement les modes d'approvisionnement et d'organisation du processus de production en amont, mais aussi l'échelle des expéditions et donc, plus généralement, l'organisation de la distribution aval.

La variété de la production :

On distingue les producteurs de quelques produits standardisés (le cas limite étant celui d'un produit unique) et ceux qui fabriquent des gammes très étendues (la production pouvant éventuellement être adaptée pour chaque client). Au sein d'une même filière, on peut d'ailleurs avoir une association des 2 organisations avec une différenciation retardée qui permet de profiter au maximum des avantages de la standardisation tout en offrant une grande variété de produits.

Ce critère est particulièrement important pour la distribution aval puisqu'il conditionne le degré de fractionnement des flux émis par l'unité considérée.

La nature des ressources :

Les 3 composantes à prendre en compte ici sont :

- le facteur travail : l'entreprise a-t-elle besoin d'une main-d'œuvre hautement qualifiée et met-elle en œuvre des savoirs spécifiques ?
- le facteur capital : les équipements utilisés sont-ils spécifiques ?
- les interactions non-marchandes : les liens au sein de la filière (avec les clients et les fournisseurs) sont-ils étroits ? Quelle est l'intensité des échanges d'information entre établissements aux activités similaires ?

Ces éléments vont en particulier influencer le degré d'ouverture de l'organisation logistique sur l'extérieur et sa capacité d'adaptation à d'éventuelles évolutions. Ceci va se traduire concrètement par les choix de localisation spatiale pour lesquels l'existence d'un bassin d'emploi ou d'un pôle d'activités dédiés sera plus ou moins importante

La nature de la demande :

Ce critère comprend principalement le *type de clients* (grande distribution ou industriels, client final ou intermédiaire...) et le *rythme de changement des produits*.

Le premier aspect est à relier à la position de l'établissement considéré dans la filière de production et permet notamment d'intégrer les rapports de force qui peuvent y exister. On a déjà souligné l'importance de ce paramètre dans l'organisation du processus de transport d'un établissement à travers les contraintes éventuelles dues aux fournisseurs ou aux clients (c'est particulièrement le cas dans la grande distribution dont l'emprise sur la filière lui permet d'imposer ses conditions).

Quant au deuxième point, il permet d'intégrer dans l'analyse des contraintes techniques (périssabilité) mais aussi des déstabilisations du système logistique apparues sous l'impulsion des stratégies commerciales (renouvellement de plus en plus fréquent des

produits, offres promotionnelles...). Ce paramètre va notamment jouer sur le besoin de flexibilité et de réactivité de l'organisation logistique mise en place.

La production en Juste-À-Temps :

Cette pratique se généralise peu à peu dans l'ensemble du système productif et influe fortement sur les modes d'approvisionnement et d'expédition (nombre, fréquence, taille des lots...) et rejaillit donc sur l'ensemble du système logistique et, en particulier, sur la consommation de transport. Cependant sous cette diffusion apparemment uniforme se cachent des logiques différentes dont les conséquences seront diverses :

- la diminution des stocks pour réduire les coûts : on cherche alors à adapter au mieux les approvisionnements à chaque étape de la production, ce qui requiert une organisation logistique et des transports fiables et des échanges d'information intenses.
- la production à la commande : le but est ici de répondre à un besoin de personnalisation des produits et conduit à supprimer les stocks de produits finis. Le critère essentiel est ici la flexibilité de l'organisation et sa capacité à s'adapter à la demande.
- la livraison en JAT imposée par l'aval (comme dans le cas de la grande distribution) : l'établissement doit avoir une prise en charge spécifique des contraintes imposées par ses clients.

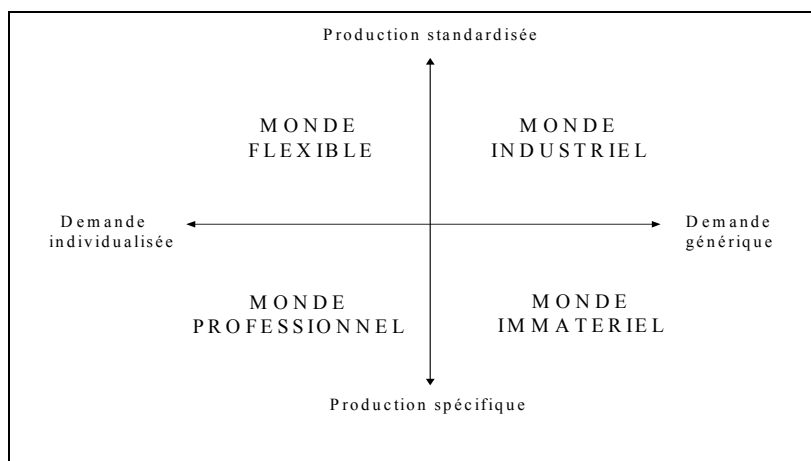
2- Une typologie des logiques de production et de logistique : les « mondes de production »

Notre but est maintenant de déduire des analyses effectuées ci-dessus un classement des organisations logistiques à partir des facteurs jugés pertinents.

La logistique a pour rôle principal d'assurer la coordination entre les différentes composantes nécessaires au bon fonctionnement d'un établissement donné, de l'amont à l'aval. L'analyse proposée ici reprend les travaux de Sallais et Storper qui s'appuient sur la description de ces modes de coordination en prenant comme base les 2 dimensions principales qui définissent l'environnement de l'établissement :

- en amont, le processus de production : d'une production standardisée à une production spécifique à la demande.
- en aval, la nature de la demande : d'une demande générique à une demande individualisée.

Le croisement de ces 2 dimensions donne alors naissance à 4 « mondes de production » qui sont décrits dans le schéma ci-dessous.



(source : BURMEISTER)

La caractérisation des logiques associées aux différents « mondes de production » découle des facteurs de la partie précédente dont on peut constater dans le tableau ci-dessous qu'ils mettent bien en évidence des problématiques différentes et aboutissent à des problèmes logistiques particuliers.

MONDES DE PRODUCTION	MONDE INDUSTRIEL	MONDE FLEXIBLE	MONDE PROFESSIONNEL	MONDE IMMATERIEL
Exemple	Sidérurgie Chimie de base	Biens de consommation	Equipements industriels (mécanique)	Ingénierie Informatique
Echelle de la production	Grandes séries Economies d'échelle	Production de masse	Petites séries	Discontinue (innovations successives)
Variété de la production	Biens peu différenciés Unités spécialisées	Biens différenciés (grand nombre de références dans une gamme) Economies de variété	Production à la demande, très différenciée (souvent dédiée)	Produits nouveaux (biens issus de la recherche et de l'innovation)
Nature des ressources	Travail et technologies génériques	Travail et technologies génériques	Savoirs et technologies spécifiques	Equipements spécifiques, Travail hautement qualifié
Nature de la demande	Clients industriels	Grande distribution Faible durée de vie des produits	Demande spécialisée, exigeante et peu fréquente	Demande générique (pas d'a priori sur le résultat)
Utilisation du JAT	Moyenne (réduction des stocks)	Forte (imposée par l'aval)	Forte (production à la demande)	Faible
Rôle de la logistique	Réduction des coûts	Rapidité, fréquence et fractionnement des envois	Fiabilité (logistique dédiée, à petite échelle)	Rôle marginal (externalisation et recentrage sur le cœur de métier)

3- Le transport dans les différents « mondes »

3.1 De l'accessibilité à la proximité

Même s'il en représente un aspect important, le transport n'est qu'une composante de la fonction logistique de l'entreprise; son rôle ne peut donc pas se réduire à résoudre la problématique de l'*accessibilité spatiale* sous l'angle de la minimisation des coûts dus à la distance. Il doit au contraire participer à la coordination de la production et de son environnement de l'amont à l'aval, et contribuer à assurer une *proximité organisationnelle* au sein du système dans le temps et dans l'espace. La compréhension des schémas de transport

adoptés par les entreprises nécessite donc de prendre en compte les dimensions non spatiales (fiabilité, flexibilité, adaptation aux contraintes...) et ne peut être dissociée des autres flux associés à un niveau ou à un autre au processus productif (information, savoir...).

On considère habituellement que l'instauration d'une organisation en JAT est la conséquence de l'amélioration de l'accessibilité due au développement des infrastructures ou à la baisse des prix. Or, si cette composante spatiale joue certainement un rôle, on constate qu'elle est tout à fait insuffisante pour comprendre la généralisation de ce mode de fonctionnement. Pour citer un seul exemple marquant, on peut souligner le cas des constructeurs automobiles qui sont à la pointe pour l'intégration des pratiques de JAT alors qu'ils travaillent souvent avec des fournisseurs disséminés sur plusieurs continents !!

C'est pourquoi il nous paraît nécessaire d'étudier le transport dans la problématique plus générale de la circulation des flux au sein d'une entreprise. Comme celle-ci est intimement liée à l'organisation logistique, il convient de reprendre la distinction entre différents mondes de production pour aboutir à une typologie des logiques de circulation.

3.2 Typologie des logiques de circulation

Circulation industrielle :

Dans ce monde de production qui met en œuvre des produits standardisés, les principaux flux sont des flux massifs de biens, les flux d'informations concernant surtout les différentes composantes d'une même firme.

Le transport doit être un outil de minimisation des coûts : il est donc systématiquement externalisé à un prestataire générique. Tous les modes de transport sont utilisés, y compris les modes lourds qui sont bien adaptés à la massification.

Circulation flexible :

Ce monde est caractérisé par l'association étroite des flux de biens et d'information, rendue nécessaire par une logistique sophistiquée qui permet une coordination interfirmes.

Le transport joue ici un rôle stratégique puisqu'il doit permettre d'assurer la flexibilité de la chaîne de production-distribution. Il est souvent externalisé à un petit nombre de prestataires très spécialisés. La nécessité d'envois rapides, fréquents et fractionnés rend l'usage de la route largement majoritaire (même si le fer est utilisé marginalement).

Circulation industriel-flexible :

Ce monde hybride concerne principalement l'agroalimentaire qui combine les économies d'échelle avec une logistique évoluée visant à exploiter les économies de variété à l'échelle du groupe. Les préoccupations en termes de circulation sont similaires à ceux du mode flexible, les échanges d'information y jouant un rôle particulièrement crucial pour coordonner et mettre en relation ces 2 mondes. L'externalisation du transport vers des prestataires spécialisés est généralisée et le poids des clients (grande distribution) façonne les organisations du transport.

Circulation professionnelle :

Les flux stratégiques concernent ici beaucoup plus les savoirs que les biens proprement dits. Le transport de marchandises concerne des envois de petite taille dont les caractéristiques sont

particulières à chaque situation. Il s'effectue ainsi le plus souvent en compte propre sous forme de tournées. La route est principalement utilisée et le mode aérien est réservé aux envois urgents.

Circulation immatérielle :

Comme son nom l'indique, ce monde est principalement préoccupé par les échanges de savoirs et d'information qui mettent principalement en jeu des interactions horizontales. Le transport est externalisé pour permettre un recentrage sur le cœur de métier et l'utilisation de la route (ou de l'aérien pour les transports longue distance) se justifie par la forte valeur ajoutée du produit.

On constate ainsi que, suivant le monde de production auquel appartient un établissement et les contraintes qui y sont liées, les motivations liées au transport seront très diverses. La compréhension fine des logiques de circulation d'un établissement est nécessaire pour pouvoir discerner les caractéristiques qui lui importent et pouvoir, dans un deuxième temps, mettre le doigt sur les paramètres à modifier pour influencer sur une utilisation du transport jugée non durable. Il apparaît ainsi clairement qu'une augmentation des prix du transport n'aura pas le même effet sur des secteurs appartenant à des mondes différents.

Dans la partie suivante, nous allons illustrer sur un exemple ce phénomène d'adaptation logistique vis-à-vis de contraintes propres.

C-Logiques d'entreprise et organisation logistique : **l'exemple de YOPLAIT**

1-Présentation de l'entreprise

Yoplait fait partie du groupe Sodial qui est une coopérative agricole comprenant 100000 agriculteurs répartis dans 6 coopératives régionales. Comme la plupart des entreprises agroalimentaires, elle s'est développée à partir d'unités de fabrication locales visant une distribution à l'échelle locale. A partir de cette situation initiale relativement récente (la vente d'une gamme complète de produits sous une marque unique remonte à 1965), nous allons voir comment les évolutions du système de production-distribution ont perturbé l'équilibre initial et ont conduit progressivement à une modification de l'organisation logistique.

Le choix de cet exemple se justifie par le rôle particulièrement important tenu par la fonction logistique dans une entreprise telle que Yoplait. En effet, le faible prix moyen des produits (1,22 euros/kg) le rend très sensible aux coûts logistiques ; de plus, la faible durée de vie (produits périssables) rend l'efficacité logistique critique pour garantir la fraîcheur des produits. Enfin, l'entreprise se trouve structurellement tiraillée entre des flux poussés (production des agriculteurs coopératifs) et des flux tirés (consommateurs) qui ne peuvent être conciliés que par une organisation logistique adaptée. Ainsi, Yoplait livre 95 % de ses points de livraison en moins de 24 h !!!

Yoplait est ainsi un exemple caractéristique du monde de production hybride « industriel-flexible » et nous allons voir comment les contraintes dues à l'appartenance à ce monde ont pu influencer sur son évolution logistique et, en particulier, sur son utilisation du transport.

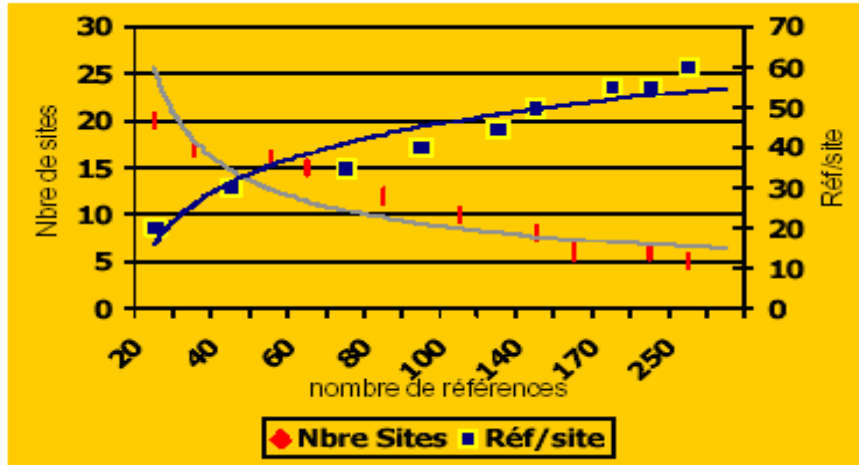
2-Déstabilisation de la logistique en amont

Il s'agit des perturbations liées à des effets de nature industrielle qui prennent en compte les modifications de l'appareil de production (spécialisation des unités de production, délocalisations à l'étranger...)

Au début des années 1970, l'organisation locale décrite ci-dessus était encore de mise : Yoplait disposait de 22 usines polyvalentes réparties en France qui produisaient chacune la quinzaine de références qui représentaient à l'époque l'ensemble de la gamme (faible diversité de l'offre).

Depuis, ces 3 éléments ont fortement évolué sous l'influence de la concurrence et des demandes des consommateurs (gammes de choix élargies, faibles prix et produits de grande fraîcheur):

- le nombre de sites de production a chuté de 22 à 6 en 25 ans (alors que les tonnages produits ont triplé sur la même période)
- le nombre de références a explosé, passant de 15 à 300.
- le nombre de références produites par site a également fortement augmenté, passant de 15 à 70. Cette augmentation ne signifie pas que les usines se sont diversifiées ; au contraire, en 1995, 96 % des références sont produites sur un seul des 6 sites du groupe et les unités de production se sont spécialisées sur des familles de produits comprenant de nombreuses références différentes mais dont le processus de production est très similaire.



(source : Becker)

3-Déstabilisation de la logistique en aval

Cette composante prend en compte les perturbations induites par les stratégies commerciales et marketing (nombre de points de livraison, produits à faible durée de vie, livraison en JAT...). Parmi ces éléments, deux facteurs principaux touchant l'aval de la chaîne ont conduit à rendre obsolète le modèle initial d'organisation de Yoplait et ont poussé l'entreprise à modifier sa structure logistique pour l'adapter à ces nouvelles contraintes.

3.1 La stratégie commerciale

Dans le secteur des produits de grande consommation frais, les entreprises produisent des produits relativement similaires par leur nature. Pour se démarquer de ses concurrents, plusieurs éléments stratégiques ont été mis en avant par Yoplait :

- Augmentation du nombre de références (voir ci-dessus)
- Evolution de la nature des emballages (du pot tronconique au pot thermoformé) et multiplication de la taille des lots proposés (de la vente à l'unité au regroupement par lots de 24)
- Allongement de la date de fraîcheur : l'objectif est de se différencier des autres en proposant des produits à plus longue durée de conservation, ce qui impose une réduction des délais entre la production et la distribution.
- Intensification des offres promotionnelles, ce qui nécessite la création de produits à faible durée de vie.

3.2 Modification du canal de distribution

évolution du canal de distribution des produits frais

La distribution des produits de Yoplait se partage entre le circuit traditionnel (épiceries, crémeries...) et les Grandes et Moyennes Surfaces. Or, l'évolution au cours de ces 40 dernières années s'est faite dans le sens d'une disparition des petites entités au profit des grandes surfaces ; ceci se traduit pour Yoplait par un renversement du poids respectif de ces deux canaux de distribution.

poids respectif des deux canaux de distribution pour Yoplait				
	1960	1970	1980	1990
Circuit traditionnel (%)	100	60	40	8
Circuit GMS (%)	0	40	60	92

(source : Dornier)

Aujourd'hui, Yoplait réalise 50% de ses ventes avec 3 enseignes et plus de 80 % avec seulement 5 enseignes

évolution des stratégies des distributeurs

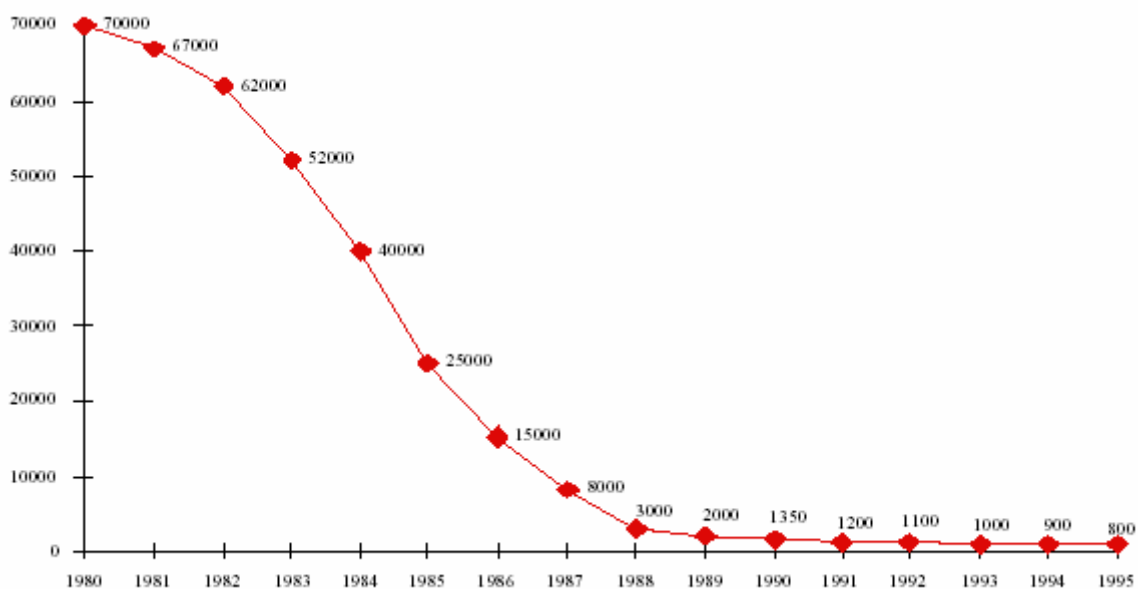
La réorganisation de la distribution que l'on a déjà évoquée a également des conséquences sur un fournisseur comme Yoplait. Ainsi, on assiste non seulement à une concentration du commerce de détail pour former des enseignes de plus en plus grandes, mais aussi à une concentration des approvisionnements au sein d'une même entreprise de distribution. La logistique est ainsi devenue un enjeu de négociation entre le fournisseur et le distributeur, ce dernier imposant de plus en plus une livraison sur sa propre plate-forme. On assiste ainsi à une modification radicale de la nature des points de livraison, comme le montre le tableau suivant

Volume livré en fonction de la nature des points de livraison		
	1980	1990
Entrepôt distributeur (%)	40	85
Direct points de vente (%)	60	15

(source : Dornier)

Conséquence : diminution spectaculaire du nombre de points de livraison

Les deux phénomènes évoqués ci-dessus se sont développés en parallèle et ont conduit à une modification radicale des méthodes de distribution de Yoplait, avec une diminution très significative du nombre de points de livraison (qui sont de plus en plus des plates-formes ou des entrepôts et de moins en moins des points de vente) : comme le montre le graphique ci-dessous, on est ainsi passé de 70000 points de livraison en 1980 à 800 en 1995.

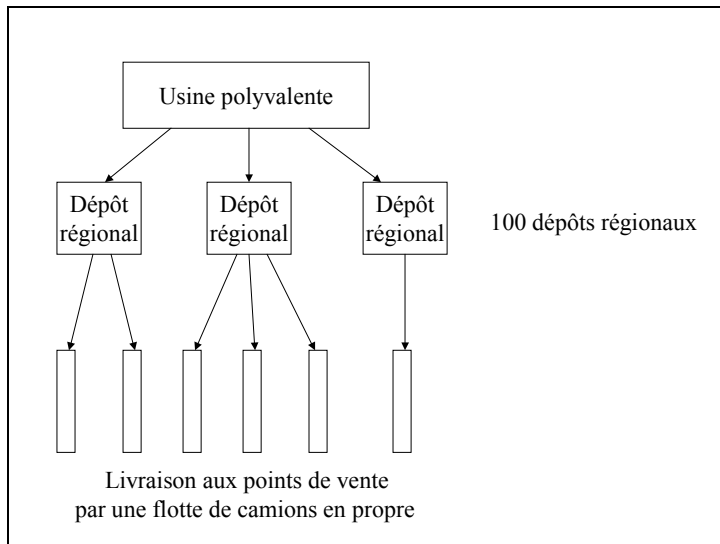


(source :Dornier)

4- Dynamique d'évolution de la logistique de Yoplait

Pour faire face à ces différents éléments de déstabilisation de son organisation originelle, Yoplait a été conduit à faire évoluer sa structure logistique.

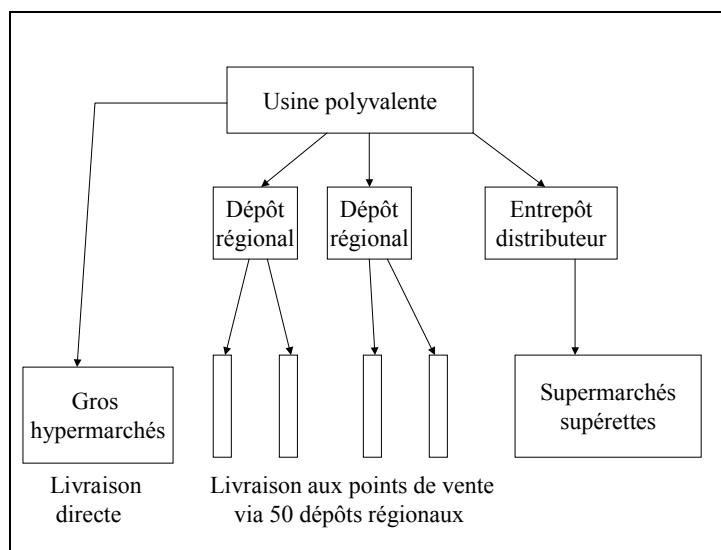
Phase1 : 1960-1980



(source :Serre)

Il s'agit ici du système logistique initial qui reposait sur un grand nombre de dépôts producteurs répartis sur l'ensemble du territoire et à partir desquels s'organisait la livraison directe aux points de vente par une flotte de camions en propre.

Phase 2 : 1980-1984



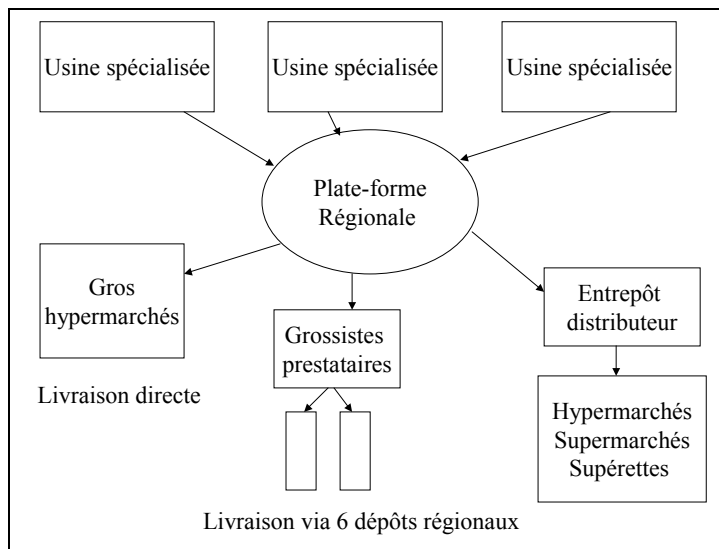
(source :Serre)

Cette période correspond à un ajustement du système précédent visant à faire face aux évolutions de la distribution. D'une part, l'apparition des premiers entrepôts distributeurs a conduit à consolider les livraisons vers les clients de taille importante en passant par leurs structures particulières. D'autre part, pour les plus gros clients (très gros hypermarchés), un système de livraison direct spécifique s'est mis en place.

phase 3 : 1984-1986

Cette période correspond à une très forte déstabilisation du modèle logistique avec en parallèle une spécialisation des unités de production en amont, et une multiplication des livraisons directes ou sur entrepôt distributeur en aval.

Phase 4 : 1986-1995



(source :Serre)

Pour répondre aux problèmes soulevés par les différentes évolutions, le système a été modifié en profondeur avec notamment l'apparition de plates-formes régionales visant à collecter les produits sortis d'usine et à les répartir entre les 3 principales voies de distribution : entrepôts distributeurs pour les grandes et Moyennes Surfaces, livraison directe pour les clients les plus importants ou passage par des dépôts qui sont souvent sous-traités à des prestataires et dont le nombre a considérablement chuté (au vu notamment du faible volume concerné).

III- Conséquences sur le transport de marchandises

1-Présentation générale

L'objectif est ici de déterminer les impacts qu'auront les orientations logistiques que nous avons pu mettre en évidence sur la mobilité du fret. En effet, toute modification de l'organisation de l'appareil de production-distribution aura des répercussions sur les besoins des entreprises quant à la nature et au volume du transport de marchandises.

La méthode employée est d'isoler chacune des grandes tendances logistiques étudiées jusqu'à maintenant et de faire le lien avec les caractéristiques les plus marquantes du transport de marchandises telles que nous avons pu les constater dans la première partie. A chaque fois, nous chercherons à savoir si l'organisation logistique étudiée aura une influence principalement sur le volume de marchandises transportées (mesuré en tonnes), sur le volume de transport (mesuré en tonnes-kilomètres) ou sur le trafic (mesuré en véhicules-kilomètres).

Remarque : par souci de clarté, on sépare artificiellement la production et la distribution même si on a vu que ces deux composantes sont intimement liées.

Sous-système de production

Influence de l'organisation de la production sur le transport de marchandises		
Grandes tendances de la production	Conséquence sur le transport de marchandises	A mesurer en...
Délocalisation de certaines unités de production	Croissance des transports internationaux	tonnes
Concentration des moyens de production	Massification des flux	véh-km
Spécialisation des unités de production (usines mono-produit à vocation internationale)	Augmentation des distances moyennes de transport	t-km
Sous-traitance Segmentation de la production	Augmentation des transports inter-industries	tonnes

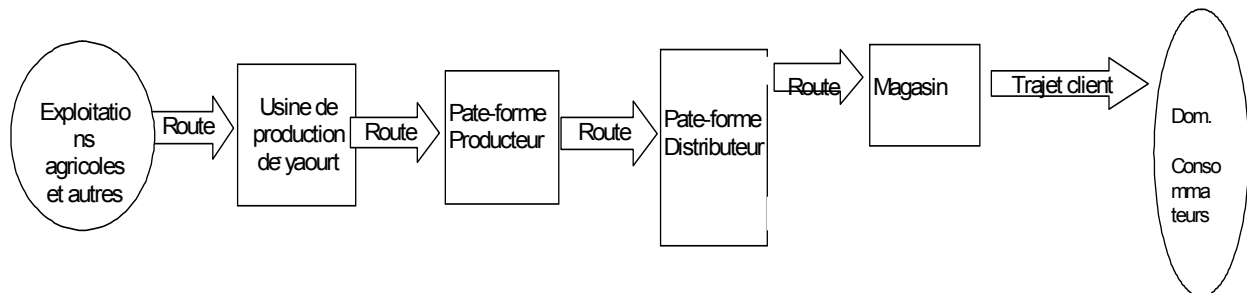
Sous-système de distribution

Influence de l'organisation de la distribution sur le transport de marchandises		
Grandes tendances de la distribution	Conséquence sur le transport de marchandises	A mesurer en...
Croissance et concentration de la grande distribution	Diminution du nombre de liaisons à l'intérieur du réseau de distribution	tonnes
Structures de distribution paneuropéennes	Augmentation des distances moyennes	t-km
Structures de distribution centralisées	Massification des flux	véh-km
Juste-à-temps	Diminution de la taille des envois Augmentation des fréquences	véh-km

2-L'exemple de la filière logistique du yaourt

Le yaourt est un produit particulièrement adapté pour illustrer les conséquences de la logistique sur le transport puisqu'il s'agit d'un produit à faible densité de valeur et périssable pour lequel l'organisation logistique (réduction des coûts, juste-à-temps) joue un rôle primordial.

2.1 Modélisation de la filière



(source : Keita (2005))

La filière du yaourt comprend 9 étapes entre les exploitations agricoles et leur lieu de consommation (domicile des consommateurs), et met en œuvre un certain nombre des évolutions logistiques que nous avons étudiées, avec notamment un recours à plusieurs plates-formes intermédiaires, et une généralisation du juste-à-temps.

Dans cette chaîne, tous les transports sont effectués par la route et les principales étapes à prendre en compte pour évaluer la consommation de transport induite par cette organisation sont :

- trajets en amont de l'usine (étape 1): collecte de tous les intrants nécessaires à la fabrication. Le composant essentiel est évidemment le lait qui provient des exploitations agricoles, mais il faut également tenir compte de tous les autres éléments intervenant dans la confection (fruits, sucre, emballage, couvercle...)
- trajets entre l'usine et la plate-forme distributeur avec passage par une plate-forme producteur (étape 2)
- approvisionnement des magasins (étape 3).

2.2 Le transport au cours des différentes étapes

L'étude Keita (2005) s'appuie sur une étude bibliographique et sur une enquête auprès des acteurs concernés qui ont permis de dégager les paramètres caractéristiques de la filière étudiée.

Étape 1

-approvisionnement en lait :

L'usine considérée se fournit principalement auprès de 487 producteurs locaux sous la forme de collectes organisées tous les 3 jours permettant de récolter en moyenne 21.5 tonnes auprès de 12 exploitants situés dans un rayon de 100km.

La collecte représente annuellement 124 millions de litres pour 1.2 millions de véhicules-kilomètres, soit une moyenne de 107 kg/km ; dit autrement, chaque kilogramme de lait parcourt en moyenne 9.3 m.

Rq : cette collecte locale est insuffisante et 25 millions de litres doivent être recherchés sur des marchés plus lointains

-autres intrants : les autres produits proviennent de toutes les provinces françaises voire de l'étranger. Leur collecte donne lieu à 2500 livraisons par an qui consomment 276000 litres de gazole.

Etape 2

Les livraisons des plates-formes producteurs et distributeurs sont faites en compte d'autrui par des semis remorques réfrigérés de 21.5 tonnes de charges utiles qui peuvent contenir 33 palettes (standard européen de 80 x 120 cm).

Les propriétés de ces trajets sont indiquées dans le tableau ci-dessous

Origine	Destination	Distance moyenne (km)	Tonnes / chargement	Efficacité (gep/tkm)
Usine	PF producteurs	303	17,5	27
PF producteurs	PF distributeurs	192	11,5	53

Etape 3

L'approvisionnement des magasins dépend de leur nature. Les expéditions vers les hypermarchés sont assurées par des semi-remorques réfrigérés remplis des palettes standards; alors que celles vers les supermarchés ou les magasins de proximité sont assurées par des porteurs réfrigérés remplis de palettes et de 'rolls'. Les magasins de proximité sont généralement livrés en 'rolls' dans lesquels sont mis l'ensemble des produits.

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques de ces envois :

Origine	Destination	Distance moyenne (km)	Type de véhicule	Tonnes / chargement	Efficacité (gep/tkm)
PF distributeurs	Hypermarchés	51	Semi-rem	8,8	109
PF distributeurs	Supermarchés	66	Camion	4,9	103
PF distributeurs	Magasins de proximité	66	Camion	4,1	119

2.3 Commentaires sur l'organisation du transport

On observe qu'au fur et à mesure de l'avancement dans la Supply Chain, le poids moyen des chargements décroît en raison de l'hétérogénéité des produits (de 17,5 à 4,1 tonnes par chargement) ce qui cause une décroissance de l'efficacité énergétique.

Les distances parcourues ont tendance à diminuer quand on se rapproche du lieu de consommation ce qui indique que la localisation des plates-formes entre l'usine et les magasins correspond à une certaine optimisation du transport.

Les évaluations chiffrées ci-dessous (voir les tableaux) nous permettent d'estimer la distance moyenne parcourue par un kilogramme de yaourt tout au long de la chaîne en tenant compte de la massification réalisée à chaque étape:

- en amont de la production (en considérant que le yaourt est constitué essentiellement de lait) : 9.3 mètres.
- Entre l'usine et la PF producteur : 17 mètres.

- Entre la PF producteur et la PF distributeur : 17 mètres.
- Entre la PF distributeur et le magasin : entre 7 et 16 mètres (suivant le type de magasin desservi).

On obtient finalement que la production d'un kilogramme de yaourt nécessite une consommation de transport comprise entre 50 et 65 mètres.

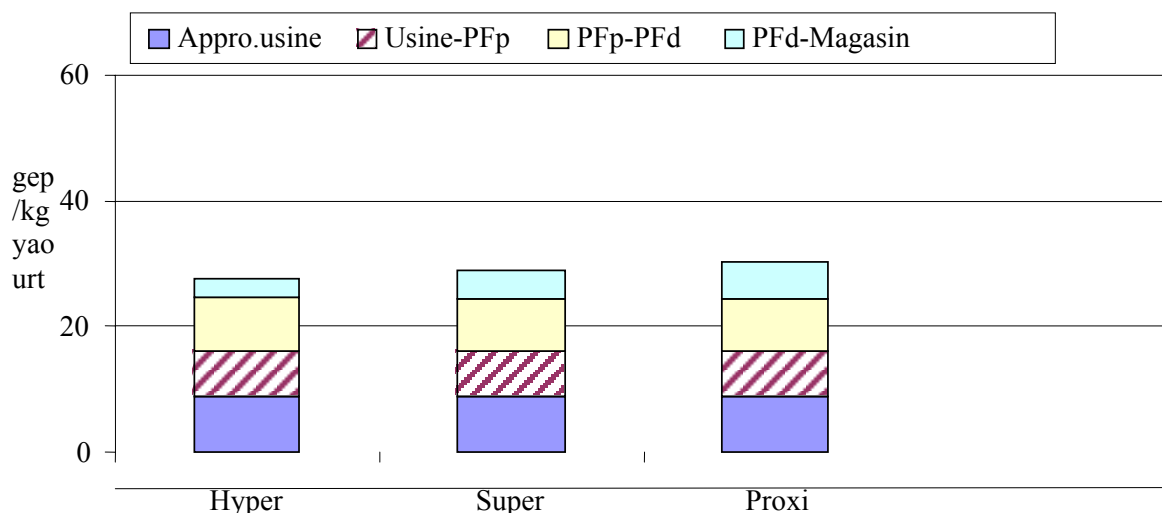
En 2000, la consommation annuelle de produits laitiers en France est de 32 kg par personne. Rapportée à la population française (environ 60 millions d'habitants), la consommation de produits laitiers est ainsi la cause d'environ 100 millions de km de transport de marchandises principalement réalisés sur les routes nationales.

Remarque : cette évaluation sous-estime probablement le résultat puisqu'elle ne prend en compte ni les trajets en amont de l'usine dus aux intrants non laitiers ni les trajets en aval du magasin dus au trajet entre magasin et domicile du consommateur.

2.4 Bilan énergétique sur la filière du yaourt

On va s'intéresser ici à la consommation énergétique de la filière étudiée, en la considérant comme un bon indicateur de la consommation de transport et des nuisances environnementales causées.

Avec les hypothèses faites au long de la chaîne (notamment sur les consommations unitaires), on trouve que la fabrication d'un kg de yaourt nécessite entre 25 et 30 gep (suivant la filière) uniquement en transport au cours du processus de production-distribution. Les détails sont indiqués sur le schéma ci-dessous.



Ce résultat est à comparer avec la consommation totale d'énergie de la filière (qui inclue les processus de production, les plates-formes, les magasins...). Une analyse similaire à celle faite pour le transport conduit à une consommation totale comprise entre 130 et 140 gep pour un kilo de yaourt.

Remarques :

- les estimations ci-dessus sont obtenues en supposant un taux de remplissage des véhicules de livraison proche du maximum. Si on considère que ces taux sont plus proches de 0.5 (ce qui est vraisemblable dans des filières reposant sur le juste-à-temps), la consommation énergétique due au transport oscille plutôt entre 40 et 50 gep pour un kg de yaourt.
- Si on estime que le « dernier kilomètre » (c'est-à-dire le trajet entre le magasin et le domicile du client) fait partie du transport de marchandises, il faut rajouter une contribution qui est négligeable pour les magasins de proximité mais qui peut atteindre 30 gep/kg yaourt pour les hypermarchés (ce qui double la consommation due au transport dans la filière !!).

2^{ème} partie : Scénarios prospectifs de maîtrise du transport de marchandises

I- Travaux de prospective qualitative.

1-présentation de la démarche

Au contraire de la prévision qui s'intéresse aux effets d'un prolongement des tendances du passé, la prospective s'appuie sur la multiplicité des futurs possibles. La recherche des variables principales structurant le système et l'étude de leurs évolutions possibles (qu'elles soient spontanées ou induites par une action extérieure) permet de mettre en évidence les ruptures qui peuvent modifier les tendances lourdes observées dans le passé et les conditions de leur apparition.

La démarche prospective s'appuie sur la construction de scénarios et peut prendre des formes relativement variées :

- prospective quantitative « forecasting » : on fait des hypothèses d'évolution sur les variables sélectionnées et on cherche à estimer les conséquences de long terme induites sur le système.
- prospective quantitative « backcasting » : on se fixe a priori un objectif quantifié précis (par exemple réduire les émissions de gaz à effet de serre d'un facteur 4 à l'horizon 2050) et on cherche les chemins qui doivent être suivis pour l'atteindre.
- prospective qualitative : on cherche à définir des images caricaturales résultant de la mise en application de principes d'action appliqués jusqu'au bout de leur logique.

2- 4 scénarios pour une mobilité durable des marchandises

Cette partie s'appuie sur les travaux du « Groupe de Batz » initialement consacrés à la mobilité urbaine des personnes et dont nous présentons ici le prolongement à la mobilité interurbaine de marchandises.

Partant du constat de l'impossibilité de la poursuite des tendances passées et de la nécessaire prise en compte de l'acceptabilité sociale et environnementale dans l'évolution du transport de fret, l'objectif est de construire des scénarios qualitatifs contrastés qui seront autant de chemins possibles vers une mobilité durable.

2.1 Des visions opposées de la mobilité...

Dans notre société, la mobilité des biens est devenue une valeur essentielle intimement associée dans l'inconscient collectif non seulement à la liberté de circuler et d'entreprendre mais aussi à une certaine prospérité économique. Dans la lignée du débat sur le découplage, la première « ligne de démarcation » concerne le type d'**objectif** que l'on se fixe : veut-on à tout prix préserver une forte mobilité ? Ou est-on prêt à renoncer à cette valeur en cherchant des modes d'organisation moins consommateurs de transports ?

Cette opposition rejoint la séparation classiquement effectuée en économie entre *action sur les prix* et *action sur les quantités*. La première est adaptée aux cas où une adaptation à la marge et souple du système est suffisante (ici, maintien d'une forte mobilité avec recherche d'innovations technologiques ou organisationnelles qui la rendront soutenable) ; au contraire, la deuxième option doit être adoptée dans les cas où un changement des fondements mêmes du système est nécessaire (ici, remise en cause de la mobilité).

La deuxième « ligne de démarcation » concerne les **moyens** que l'on veut mettre en œuvre pour remplir les objectifs et, en particulier, les acteurs sur lesquels on va s'appuyer pour engager les modifications nécessaires : fait-on confiance aux opérateurs privés pour prendre en charge les évolutions du système (en faisant éventuellement intervenir des incitations politiques indirectes) ? Ou estime-t-on que la régulation publique directe est indispensable pour induire les mutations d'un système aussi complexe ?

2.2...qui conduisent à des ruptures et des variables d'action différentes au sein du système de transport.

En croisant les orientations décrites ci-dessus, on obtient des scénarios contrastés, chacun correspondant à des politiques de mobilité spécifiques.

Vers une mobilité durable...		ACTEURS	
		Initiative privée	Régulation publique
OBJECTIFS	Maintien d'une mobilité forte	Scénario 1	Scénario 2
	Limitation de la mobilité	Scénario 4	Scénario 3

Le scénario 1 est le plus proche du scénario « au fil de l'eau ». Il considère que les innovations technologiques permettront de maintenir une forte consommation de transport sans pour autant nuire à l'environnement et à la société. Les améliorations envisagées concernent non seulement les progrès des moteurs et des carburants, mais aussi l'usage des technologies de l'information et de la communication qui autorisent une rationalisation des trafics.

Ces progrès sont supposés être encouragés par un soutien à la recherche privée et par des incitations à la diffusion des nouvelles technologies.

Le scénario 2 s'appuie sur une tarification du transport prenant mieux en compte les effets externes et rétablissant la vérité des prix ; ceci vise notamment le transport routier afin d'encourager les reports vers des modes moins polluants.

Le principal levier d'action consiste à augmenter le prix du transport routier (hausse des carburants ou taxe sur les poids lourds) afin de rapprocher prix et coût social

Le scénario 3 vise un rationnement du transport routier de marchandises. Le principe repose sur la prise de décision des pouvoirs publics d'un niveau jugé a priori acceptable de trafic et sur l'établissement de quotas visant à faire respecter cette décision. On peut imaginer l'instauration de permis de circulation négociables distribués aux transporteurs et/ou la distribution de permis d'émission pour les chargeurs

Le scénario 4 se place beaucoup plus en amont en cherchant à influencer sur les sources du transport de marchandises, à savoir l'organisation de l'appareil de production/distribution et des schémas logistiques des entreprises. Ce scénario est de loin le plus ambitieux puisqu'il implique de travailler en collaboration avec les chargeurs pour les pousser à une remise en cause des modes de production actuels et à la création de « filières de production durable ».

Dans toute la suite, nous allons nous intéresser plus particulièrement à ce dernier scénario en cherchant à déterminer les conditions de sa mise en œuvre : dans l'optique d'une réorientation des schémas logistiques favorable à une réduction de la demande de transports de marchandises, quelles sont les variables d'action pertinentes et dans quelle mesure permettraient-elles d'infléchir concrètement les tendances observées actuellement ?

II- Organisation logistique et consommation de transport : les axes d'amélioration

Comme on a pu le souligner dans la première partie de ce rapport, les tendances du transport de marchandises ne sont pas soutenables et appellent des modifications en profondeur des modes de fonctionnement de notre société. Du point de vue des organisations logistiques, l'étude menée jusqu'ici permet de dégager plusieurs axes d'amélioration et de mettre en évidence 3 volets importants :

- la stratégie de l'entreprise
- la tactique d'exploitation
- le report modal

Après avoir passé en revue ces différents aspects nous tenterons de faire un bilan des mesures incitatives qui pourraient être prise pour pousser à leur concrétisation.

A-Les grands axes d'amélioration

1-Le niveau stratégique : remise en cause de la structure du réseau productif et logistique

L'objectif est de réduire l'intensité de l'utilisation du transport en s'attachant à limiter les flux de marchandises exprimés en tonnes-kilomètres. Plusieurs éléments peuvent être concernés :

- la spécialisation des sites de production qui influence les flux de collecte des produits au sein d'une même entreprise.
- l'adaptation du réseau logistique : il s'agit par exemple d'effectuer des regroupements de ressources ou de moyens de transport, de choisir le meilleur nombre de centres de stockage...
- la mise en cohérence de différents types de flux (en particulier les flux amont et aval)
- l'adaptation des zones de chalandises des dépôts

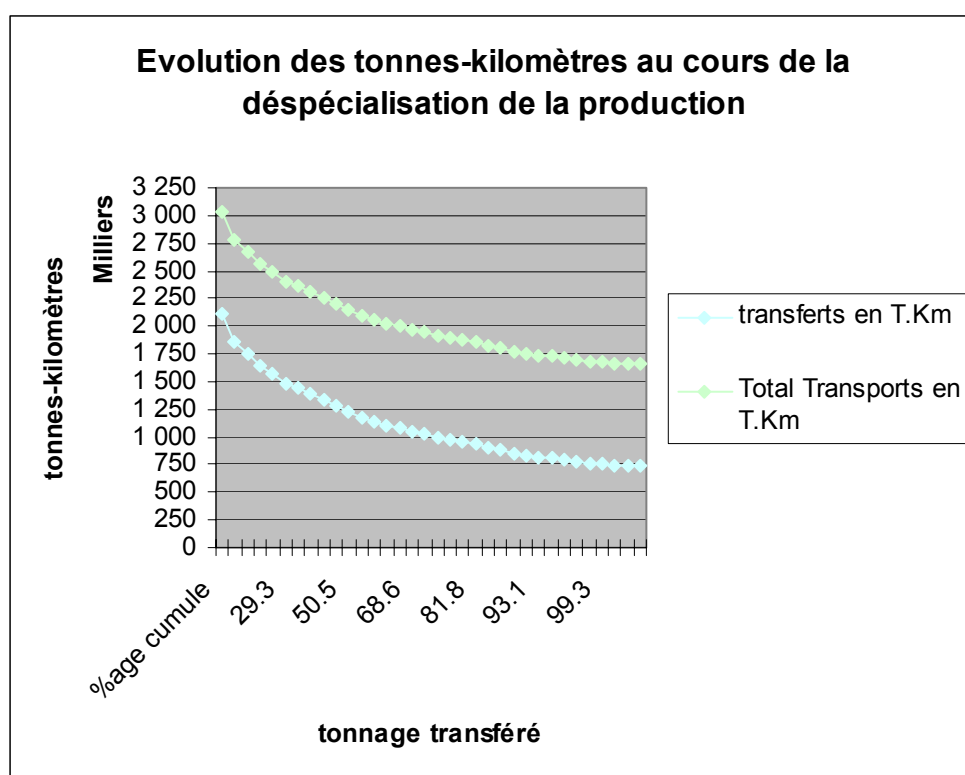
Nous allons illustrer les 2 premiers points sur le réseau de Yoplait en mettant en avant les conditions de mise en œuvre de telles évolutions.

1.1 Impact d'une déspecialisation des unités de production.

Effets sur le trafic

L'objectif est ici de s'intéresser aux flux de marchandises entre les usines et les dépôts (transport amont) en supposant que les flux en aval des dépôts sont inchangés.

Un algorithme développé par l'étude Cristal (voir Eurodecision (2005)) a permis de quantifier la diminution des transferts permise par une déspecialisation des 4 usines actuellement utilisées par Yoplait en France en fonction de l'ampleur de cette évolution (mesurée en abscisse par le pourcentage du tonnage fabriqué sur un site différent du site initial)



(source : Eurodecision (2005))

On constate qu'à la fin du processus de déspecialisation, le transport amont est passé de 2111 milliers de t-km à 746 milliers de t-km, ce qui représente un gain sur cette partie du transport de 65%. Sachant que le transport aval (qu'on suppose invariant) est d'environ 900 milliers de t-km, on obtient un gain sur le transport total de 45 %.

En supposant que les transports sont assurés par des camions transportant 33 palettes, le gain de 65 % obtenu sur les flux permet de réduire les coûts logistiques d'environ 30 % sur les flux amont.

Condition de réalisation

Il faut tenir compte des coûts industriels supplémentaires induits par la déspecialisation qui sont dus à une baisse des rendements, à une hausse du personnel, aux dépenses d'amortissement et de maintenance... Yoplait estime que les coûts industriels sont ainsi multipliés par 1.24. Or, selon la même estimation, les gains en coûts de transport ne représentent que 3.75 %.

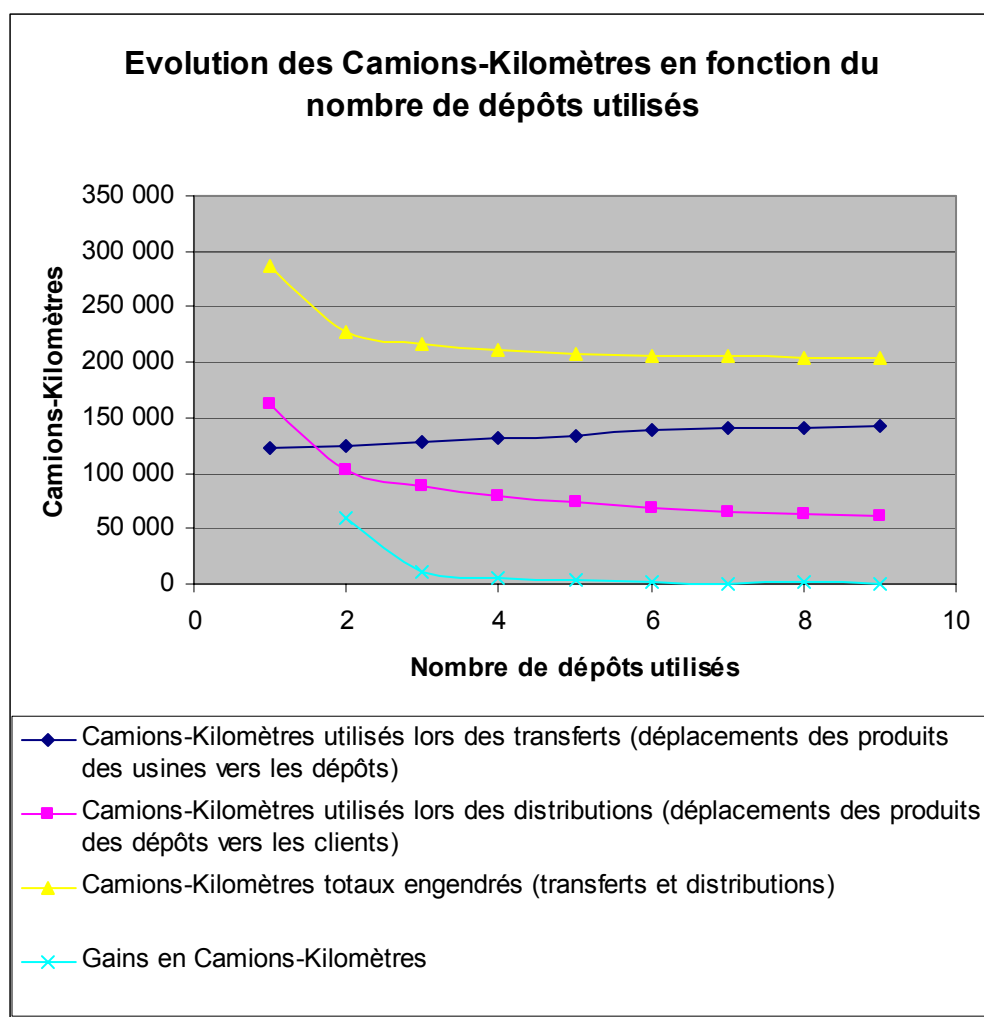
On va chercher à estimer à partir de ces données à partir de quelle augmentation du prix du transport Yoplait aurait naturellement intérêt à se tourner vers cette organisation durable. Notons k le facteur par lequel on multiplierait le coût du transport ; l'équilibre est atteint quand le gain dû à la diminution du transport compense les pertes industrielles soit : $0.24 = 0.0375 * k$, ce qui donne $k=6.4$: il faudrait multiplier le prix du transport par 6.4 !!!

Ce calcul est évidemment très grossier mais il permet de mettre en évidence le fait qu'un retournement spontané de la tendance à la spécialisation (c'est-à-dire motivé par des critères uniquement micro-économiques) nécessiterait une augmentation du prix du transport extrêmement forte (dont l'ampleur semble irréalisable).

1.2 Choix du nombre d'entrepôts

Il semble évident que l'augmentation du nombre de dépôts contribue à une diminution du transport (notamment car cela permet d'être plus proche des lieux de distribution), mais l'influence d'un entrepôt supplémentaire sera décroissante avec le nombre de dépôts déjà existants.

De façon similaire au procédé ci-dessus, l'étude Cristal a permis de tester l'évolution des flux de transports engendrés par la logistique Yoplait en fonction du nombre d'entrepôts utilisés. Les résultats sont présentés en termes de trafic (camion-kilomètre) en supposant que le transport amont se fait par camions complets contrairement aux flux aval qui dépendent des demandes du client.



(source : Eurodecision (2005))

On observe bien sur ce graphique l'arbitrage à trouver entre le barycentre des principales zones de distribution et la localisation proche des zones traditionnelles de production laitière qui conditionnent les transferts amont.

On constate que les gains permis par un dépôt supplémentaire sont quasiment nuls à partir de 5 entrepôts. La prise en compte des contraintes imposées notamment par la grande distribution (délais et fréquence de livraison) conduit à écarter les scénarios avec peu de dépôts (moins de 3). On constate ainsi que l'optimisation conduit naturellement à opter pour 4 dépôts (ce qui est d'ailleurs la solution en vigueur actuellement).

Arbitrage coût d'exploitation / coût de transport

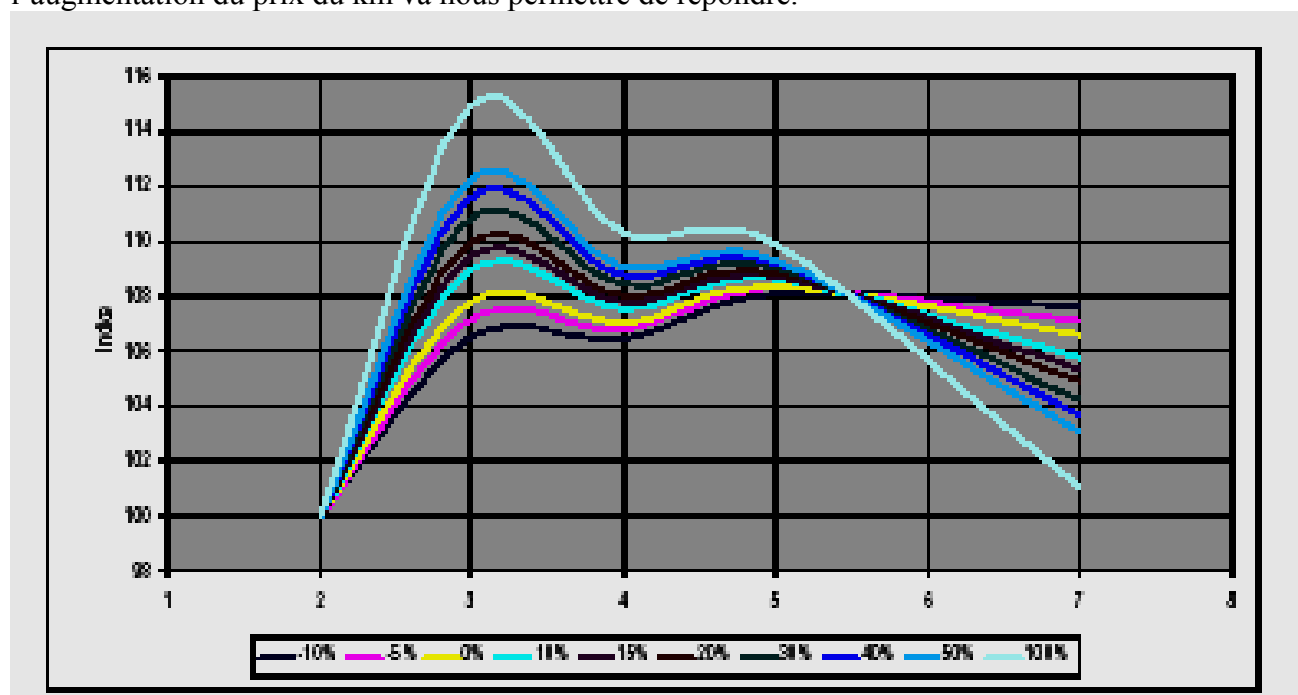
On présente ici les modélisations effectuées par Yoplait sur différents scénarios de plates-formes visant à prendre en compte l'ensemble des coûts subis par l'entreprise : une augmentation du nombre de dépôts va diminuer les coûts de transport mais induire des frais d'exploitation supplémentaires.

Différentes sources de coût (exprimé en euros par tonne transportée)						
Nombre de PF		2	3	4	5	7
Coût de transport	Amont	31.6	27.08	26.76	27.11	26.11
	Aval	31.8	42.22	39.06	37.66	31.84
	Total	63.45	69.31	65.82	64.77	57.96
Coût d'exploitation		48.45	51.3	53.96	56.5	61.32
TOTAL		111.89	120.61	119.79	121.27	119.28

A l'exception du scénario à 2 PF qu'on doit écarter pour les raisons déjà évoquées, le coût total de la gestion des flux est relativement constant. Cependant, la structure des coûts évolue : si la contribution amont est quasiment identique dans tous les scénarios, le coût du transport aval diminue fortement quand le nombre de PF augmente (on se rapproche des lieux de livraison...) tandis que l'exploitation des dépôts prend une part de plus en plus importante.

Cette étude va nous permettre de mettre en évidence les conséquences qu'aurait une augmentation des coûts du transport sur les choix d'organisation de Yoplait. On comprend facilement qu'une augmentation du prix du transport pousserait à augmenter le nombre de plates-formes. Cependant, la question se doit de prendre en compte la dynamique des choix de localisation : à partir de la situation actuelle (4 dépôts) de quelle ampleur devrait être cette augmentation pour rendre profitable une croissance du nombre de plates-formes ?

Le graphique suivant qui présente le coût des différents scénarii en fonction de l'augmentation du prix du km va nous permettre de répondre.



(source :BECKER)

La courbe jaune correspond à la situation actuelle décrite ci-dessus et permet de constater que le scénario à 4 dépôts est un équilibre stable. On considérera que, même si un nombre plus élevé de plates-formes pourrait avoir un avantage à long terme en diminuant les coûts, l'entreprise ne modifiera pas son organisation tant qu'un changement ne lui procure pas d'avantage immédiat. Ceci se produira quand la disposition à 4 PF devient instable, ce qui se traduit graphiquement par la disparition d'un minimum local en ce point.

Or, on observe que, même pour un doublement du prix au km (courbe bleu ciel), la stabilité de l'équilibre est encore assurée et l'organisation ne bouge donc pas. Vu l'allure des courbes qui tend à rendre le minimum local de moins en moins marqué, on peut imaginer que pour une augmentation du prix un peu supérieure (peut-être 150 %) le scénario à 4 PF deviendra défavorable...

En conclusion, une structure des entrepôts favorable à une diminution de la consommation de transport ne pourra survenir spontanément que par une augmentation très forte des prix (même un doublement serait insuffisant !!!).

2-La tactique d'exploitation

L'objectif est ici d'améliorer l'exploitation du réseau tel qu'il existe dans l'objectif de réduire le trafic, c'est-à-dire les véhicules-kilomètres parcourus, ce qui passe par une meilleure utilisation des véhicules (taux de remplissage).

2.1 Optimisation des fréquences de livraison

On présente ici les résultats de l'étude Cristal portant sur le groupe CAT qui est spécialisé dans transport de véhicules et les services associés à leur distribution (stockage, préparation...). On s'intéresse plus particulièrement à la plate-forme de Gennevilliers qui distribue les véhicules neufs tous les jours aux concessionnaires de Paris et de la proche banlieue (54 concessionnaires) par des petites tournées (3-4 concessionnaires maximum visités).

On va chercher à voir quel serait l'impact sur les coûts de transport si on diminuait la fréquence de livraison pour voir dans quelle mesure une telle évolution pourrait être encouragée par une augmentation des prix du transport.

Les résultats obtenus sur un mois sont résumés dans le tableau ci-dessous

Scénario		Livraison tous les jours	Livraison 1 jour sur 2	Ecart
Type de circuit	direct	78	105	
	2 arrêts	42	21	
	3 arrêts	6	0	
Distance totale (kms)		5112	4781	-6.5%
Distance moyenne (kms)		40.57	37.94	
Coût de transport (euros)		27234	26155	-4.0%
Coût par circuit (euros)		216.14	207.58	

source : Eurodecision (2005))

On remarque que les gains sur la distance parcouru est petit même s'il n'est pas négligeable. Cependant, le gain sur le coût de transport est faible ; ceci est principalement dû à l'augmentation du chargement moyen des véhicules de livraison qui pousse à avoir recours plus souvent à des livraisons qu'à des tournées. On peut donc penser que le bénéfice économique ne sera pas assez important pour pousser les clients à accepter de renoncer à la souplesse permise par le mode de livraison quotidien.

En fait, ce problème de la fréquence de livraison est lié aux stratégies de réduction des délais et des stocks qui se sont imposées dans le cadre de l'extension du JAT. Or, si ces principes ont longtemps été considérés comme incontournables, l'apparition de certaines limites physiques et financières pourrait les remettre en cause plus sûrement que des considérations purement économiques. On voit en effet apparaître des contraintes de plus en plus difficiles à satisfaire qui poussent les acteurs à privilégier la fiabilité à la fréquence et à revenir sur les modes de fonctionnement en flux tendus.

Pour illustrer cette possibilité de retournement des tendances et de remise en cause du juste-à-temps, nous citons les directeurs logistiques de 2 grandes firmes (source : Laurent)

« Notre sport favori consiste actuellement à planifier 3 jours à l'avance des rendez-vous de livraison avec nos clients, au jour et à l'heure près, avec des camions qui viennent d'Allemagne. A l'égard de nos transporteurs, notre demande porte donc sur la fiabilité. »
 « Nous pourrions trouver du transport moins cher mais le coût de la non-fiabilité serait plus élevé que la différence de prix »

(P.Lestienne, directeur de la logistique de Fujitsu-Siemens)

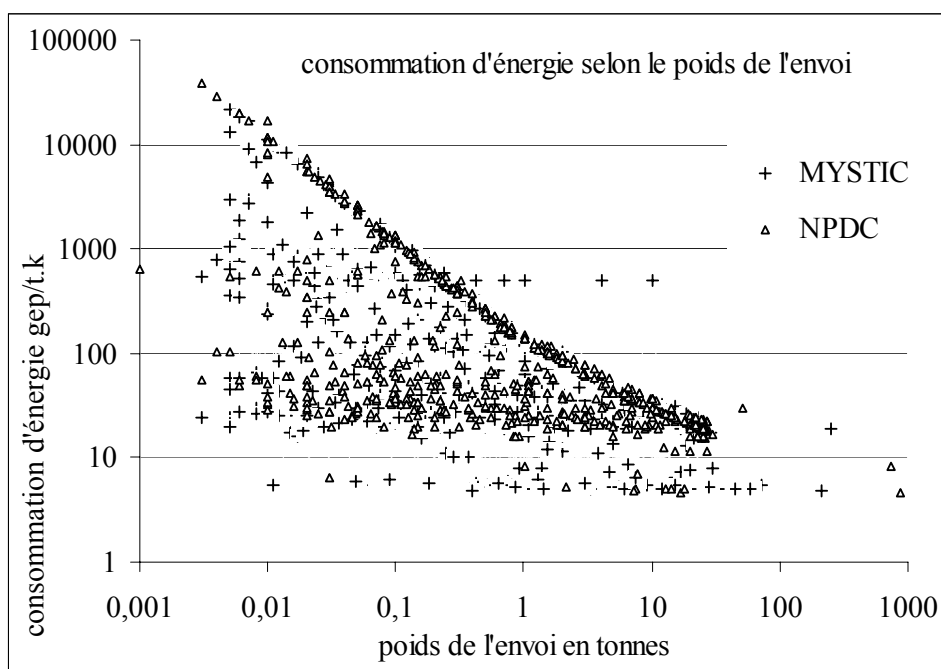
« Jusqu'où peut-on aller sans faire exploser nos coûts de transport tout en conservant la même qualité de service à l'opticien ? »

« Sur le ratio coût-vitesse, nous avons atteint une limite. Nous ne trouvons pas de transporteurs qui nous proposent des évolutions (...) ils n'y arrivent pas de manière économique. »

(B.Tandonnet, directeur de la logistique monde d'Essilor)

2.2 Taille des envois

La taille des envois joue un rôle primordial dans l'évaluation des nuisances environnementales du transport de marchandises. Pour l'illustrer, on utilise comme indicateur de l'intensité de ces nuisances la consommation unitaire d'énergie que le graphique ci-dessous compare en fonction du poids de l'envoi.



(source :Keita (2002))

Une solution pour limiter la taille des envois est le groupage des marchandises. L'étude Keita (2002) étudie l'influence du groupage en termes de consommation unitaire en tenant compte de la diminution de la consommation énergétique unitaire et de l'augmentation des distances induites par cette organisation. On obtient :

	avec groupage	sans groupage
Poids de l'envoi	1,00	1,00
Poids du chargement (t.)	9,23	1,00
CU (t.)	9,13	6,91
poids à vide (t.)	9,27	1,51
Poids total (t.)	18,5	2,51
Consom./véhicule (l./100 km)	26,5	12,2
sans / avec groupage	0,46	
Consom./ tonne (l./100 km)	2,9	12,2
sans / avec groupage	4,26	

<i>Effet poids du chargement</i>	4,26
Effet distance	1,17
Effet total du groupage	3,64

Ainsi, le groupage permet de gagner un facteur 3.64 sur la consommation unitaire (c'est-à-dire par tonne transportée).

Le paramètre sur lequel on peut jouer pour induire une augmentation spontanée de la taille des envois est la modification des tarifs des prestataires de transport qui comprennent habituellement une partie fixe et une partie proportionnelle au kilométrage. En effet, cette structure peut avoir des effets pervers notamment dans le cas d'une partie fixe importante qui pousse l'exploitant à utiliser à tout prix son camion même peu chargé pour amortir les frais fixes qui sont de toute façon déjà engagés.

Ainsi, pour faire intervenir indirectement la notion de taux de chargement du camion, il faut donner le poids le plus important possible au kilométrage parcouru en diminuant au maximum la composante fixe du coût de transport.

2.3 Synthèse : le rôle des temps d'attente

Les problèmes liés à la tactique d'exploitation du réseau de transport sont liés aux exigences des différents agents et, en particulier, des chargeurs. La variable essentielle qui régit les modes d'organisation choisis est le temps d'attente que le client est prêt à accepter. Or cette grandeur est très variable culturellement en fonction des pays (niveau de développement, densité du réseau de transport...) et des secteurs considérés.

3-Report modal

3.1 Analyse générale du report modal en fonction des caractéristiques de l'offre

On présente ici les résultats de la Jiang (1998a) qui s'intéresse aux élasticités des principaux modes terrestres (routier, ferroviaire et combiné) par rapport aux variables caractéristiques de l'offre de transport (temps et prix).

Elasticité du trafic...	...par rapport aux facteurs d'offre de transport					
	Prix routier	Prix ferroviaire	Prix combiné	Temps routier	Temps ferroviaire	Temps combiné
Routier	-0.03	0.05	0	-0.05	0.18	0.01
Ferroviaire	0.13	-0.19	0	0.2	-0.74	0.01
combiné	0.13	0.05	-0.33	0.2	0.18	-1.3

Ce tableau se lit comme suit : « Une augmentation de 1% du prix routier va faire baisser la part modale de la route de 0.03% la part modale de la route » et « Une hausse du prix routier de 1% va augmenter la part modale du fer de 0.13% ».

Ce tableau permet de mettre en lumière les principaux facteurs à améliorer si on veut diminuer la part modale de la route : il faut en priorité diminuer le temps et le prix du transport combiné (ce qui passe par une meilleure gestion des ruptures de charge) et améliorer la rapidité du transport ferroviaire.

3.2 Analyse générale du report modal en fonction des caractéristiques de la demande

On cherche ici à mettre en évidence les principales caractéristiques de l'organisation logistique qui influencent le choix modal.

Elasticité du trafic...	...par rapport aux facteurs de demande de transport						
	Distance d'envoi	Taille de l'établissement (effectifs)	Envois à l'étranger	Taille d'envoi (poids)	palettes	Accessibilité au réseau ferré	Système d'information
Routier	-0.21	-0.04	0.05		0.018	-0.023	0.015
Ferroviaire	0.78	0.14	-0.2	0.02	-0.16	0.13	-0.13
combiné	1.08	0.14	-0.2	-0.6	0.1	0.13	

Pour le transport routier, les 3 facteurs les plus importants sont la distance de transport (dont l'augmentation pousse à la massification à l'aide de modes ferroviaires), la taille de l'établissement (les grosses entreprises auront plus de fret à transporter et utiliseront plus volontiers les autres modes) et la destination à l'étranger (la souplesse du mode routier le rend très adapté à la traversée de frontières).

Symétriquement, l'augmentation de la distance de transport est favorable aux modes ferroviaires et combinés tandis que la traversée d'une frontière les pénalise (non-complémentarité des réseaux, ruptures de charge).

3.3 L'exemple de la filière agroalimentaire.

Ce secteur que nous avons déjà beaucoup étudié est un consommateur particulièrement intensif de la route pour des raisons que nous avons évoquées : disponibilité garantie des moyens de transport et des infrastructures, contraintes fortes de délais, optimisation des stocks, élimination des frictions entre maillons de la chaîne logistique, optimisation des coûts...

Le critère principal qui importe à cette filière est la fiabilité. Pour espérer un report modal, le fer et la voie d'eau doivent améliorer la fiabilité du transport (bonne capacité des infrastructures, maîtrise des temps de parcours, solutions efficaces en cas de dysfonctionnement, information des acteurs) et la qualité du service aux interfaces terminales (déchargement ponctuel et rapide).

Pour illustrer l'importance de ces paramètres, on compare 3 scénarios d'évolution du partage modal de cette filière en 2020 suivant des hypothèses d'évolution résumées ci-dessous :

	Scénario 1	Scénario 2
Infrastructure ferroviaire	7%	15%
Prix routier	7%	64%
Temps ferroviaire/combinaé	-15%	-60%

Le scénario 3 est identique au scénario 2 avec en plus une amélioration du service ferroviaire pour le transport international.

Ces scénarios prévoient les partages modaux suivants :

	Partage modal en tonnes-kilomètres pour le secteur agroalimentaire		
	route	fer	combinaé
Scénario 1	89.67	6.83	3.5
Scénario2	82.31	11.88	5.81
Scénario 3	71.67	19.03	9.3

On observe ainsi qu'une amélioration relative de la qualité de service ferroviaire permet de quasiment doubler la part modale des modes alternatifs à la route même pour cette filière a priori très favorable au mode routier. On constate également l'importance du service à l'international à travers les résultats du scénario 3 : une amélioration des possibilités d'échanges par le fer permet de réduire la part de la route de 90 % à 72% !!!

A travers cette analyse du secteur agroalimentaire (dont les tendances sont généralisables à l'ensemble du système productif), on constate qu'une véritable politique des transports est nécessaire au développement des modes plus écologiques (fer, combinaé...) : elle doit concerner non seulement les aspects économiques, mais aussi les aspects organisationnels et techniques (dont l'exemple est donné ici par la complémentarité des réseaux ferrés entre pays).

B- Prise en compte des effets de système

Dans le but de diminuer les nuisances environnementales du transport de marchandises, la partie précédente tentait de montrer quelques unes des améliorations qui pourraient être apportées au système logistique et les conditions de leur mise en œuvre. Cependant, on a pu constater au cours de notre étude que les mesures prises ne pouvaient être efficaces que si elles prenaient en compte l'intégralité du système et la complexité des interactions qu'il met en jeu. Pour illustrer l'importance de ces effets indirects, nous allons commencer par étudier quelques mesures politiques qui ont pu influencer l'organisation des entreprises et leur consommation de transport sans que cela soit le but initial.

1-Influence des politiques publiques sur les stratégies logistiques : quelques exemples

Loi Raffarin (1996) : l'objectif de cette loi était de protéger les petits commerces en soumettant à autorisation l'ouverture de grandes surfaces, ce qui a eu pour effet de diminuer le nombre d'ouvertures de supermarchés.

Les conséquences indirectes de cette loi ont été :

- l'internationalisation des enseignes avec la recherche de débouchés à l'étranger.
- la concentration financière (fusion-acquisition) qui permet de remplacer la croissance interne par une croissance externe.
- l'établissement de fortes barrières à l'entrée de concurrents à la grande distribution implantée en France, ce qui leur a permis de renforcer leur position dominante.
- la diminution progressive des réserves arrières peu à peu remplacées par des surfaces de ventes, ce qui pousse à une réduction des stocks et encourage donc les pratiques de juste-à-temps.

On voit donc que cette loi a été un des moteurs de la diffusion de nombreuses pratiques logistiques que nous avons déjà identifiées comme responsables d'une augmentation du transport de fret, alors que ce n'était pas du tout son objet.

Loi Galland (1996) : cette loi, dans le même esprit que la précédente, visait à définir les seuils de revente à perte et à interdire ce type de pratique. Les conséquences sur l'organisation ont été radicales puisque ces nouvelles contraintes ont encouragé à la massification des volumes d'achats dans le but d'obtenir les prix les plus bas de la part des fournisseurs, ce qui a naturellement conduit à l'apparition d'entrepôts régulateurs de flux (plates-formes distributeurs).

Contrat de Progrès : il s'agit ici de considérer les temps d'attente des conducteurs routiers comme des temps de travail. Les employeurs ont alors tout intérêt à réduire le temps d'attente magasin au minimum, ce qui pousse à nouveau à la construction d'entrepôts.

Politiques des collectivités locales : le Plan d'Occupation des Sols prévoit que les collectivités locales ont le pouvoir de décider de l'implantation de zones à vocation économique sans la moindre obligation d'autoriser des implantations logistiques. C'est ainsi que les activités logistiques se sont concentrées dans les zones où elles étaient acceptées ce qui a conduit à un développement hétérogène qui s'effectue principalement dans les zones périphériques, avec les conséquences en termes d'explosion du volume de transport entre le centre et la périphérie que l'on peut imaginer.

L'exemple emblématique est celui de Ile-de-France où les entrepôts de plus de 5 000 m² sont, depuis 1999, soumis à une taxe au mètre. L'instauration de cette taxe a entraîné, selon les entreprises, des délocalisations des entrepôts hors de la région Ile-de-France, ce qui a eu pour effet une augmentation des flux de véhicules entre Paris et sa proche banlieue et les régions limitrophes où beaucoup de ces entrepôts sont installés, et donc une augmentation de la pollution.

2-Un scénario prospectif fondé sur une adaptation des organisations logistiques

Cette partie reprend en partie les travaux du CGPC pour le PREDIT « rapport d'étude prospective transport 2050 » et en particulier sur le scénario « Retour au local ».

Notre objectif est ici de décrire un monde dans lequel les nuisances dues aux flux de transport sont maîtrisées en amont du fait d'une remise en cause des modèles productifs actuels. Comme nous l'avons vu précédemment, une telle évolution n'est possible que si elle s'inscrit dans un contexte global la rendant possible : au-delà de la demande de transport proprement dite, le système de transport dans son ensemble et les différents facteurs l'influençant (directement ou indirectement) doivent également être décrits.

Le scénario que nous allons décrire s'appuie sur 3 facteurs pour rendre la demande de transport plus modérée en France :

- dématérialisation de l'économie
- modification de la structure des échanges internationaux, avec en particulier la faible croissance des échanges extra-européens
- déconcentration du système productif

Dans un tel monde, les coûts sont principalement dus à la recherche et au marketing (plutôt qu'au processus productif proprement dit), ce qui conduit à une remise en cause des grandes unités spécialisées permettant les économies d'échelle pour privilégier de petites unités proches des lieux de consommation et plus facilement adaptables à la demande. Les exportations concernent alors plutôt des savoir-faire (brevets, licences d'exploitation) que des marchandises et on observe un « retour au local » avec une rerégionalisation de la production.

Les conséquences sur les mouvements de fret sur le territoire national sont évidentes :

- échanges intercontinentaux : croissance en valeur mais diminution des tonnes échangées. Les biens manufacturés sont produits plus localement et le mode maritime est donc privilégié.
- flux de transit : la meilleure intégration géographique de la production de l'amont à l'aval réduit fortement ces flux.
- échanges nationaux : diminution sensible des distances parcourues mais augmentation des tonnes transportées ; regain des modes ferré et fluvial sur des axes plus courts mais plus massifiés.

La question que nous nous posons est alors : dans quel contexte une telle évolution est-elle possible ?

Le contexte politique international : ce scénario nécessite une intégration européenne réussie (s'appuyant probablement sur un nombre restreint de pays) permettant la mise en place d'un modèle européen qui mise en particulier sur des normes sociales et environnementales pour protéger son marché au sein d'un monde dominé par 2 super-puissances : les rapports de force (économiques et politiques) entre les Etats-Unis et la zone Asie-Pacifique (Chine, Asie du Sud-Est) empêchent en effet un accord international sur la maîtrise des gaz à effet de serre. L'Europe trouve alors sur ce terrain un moyen de développer un modèle atypique lui permettant de se démarquer des 2 géants.

L'offre de transport : comme nous avons pu l'illustrer sur des exemples dans la partie précédente, le nerf de la guerre est le prix de l'énergie. Toujours dans l'optique de protéger son marché et son emploi, l'Europe adopte des taxes importantes sur les carburants (dont le prix est alors largement supérieur au reste du monde) et taxe en compensation les importations de produits trop riches en CO₂. Un tel contexte favorise alors le développement de nouvelles technologies et le financement de réseaux trans-européens ferroviaires et fluviaux.

La politique nationale : au niveau du territoire national, l'accent est mis sur l'aménagement du territoire. La polarisation régionale recule et s'inscrit dans un développement plus homogène du territoire, tandis que l'urbanisation revient vers des modèles plus concentrés (et donc moins consommateurs en déplacements).

Les nouvelles difficultés : la croissance des trafics se concentre sur quelques zones dédiées. Si cela peut être une opportunité pour la massification des transports alternatifs à la route (par exemple, autoroutes de la mer), les conséquences sur les principaux axes autoroutiers peuvent être importantes.

La redistribution des flux en faveur d'une forte croissance des trajets à courte distance et la modification de la nature des produits transportés (fin du règne des produits manufacturés) nécessiteront également des ajustements, la distribution au sein de villes concentrées se révélant alors être l'étape critique que ce soit du point de vue organisationnel ou des nuisances engendrées. C'est pour répondre à cette problématique que nous présenterons dans la dernière partie les Espaces Logistiques Urbains qui sont censés répondre à cet aspect du problème.

3-Présentation d'une innovation logistique locale : les Espaces Logistiques Urbains

L'objectif, développé en particulier dans le cadre du programme « marchandises en ville » du PREDIT est de mettre en œuvre des équipements destinés à favoriser les ruptures de charge et à optimiser la circulation des marchandises dans les zones urbaines. La logique générale repose sur l'idée d'une concentration des flux pour permettre une diffusion efficace, la réalisation pratique nécessitant évidemment une adaptation au contexte local.

On distinguera 5 types d'installations caractérisés par leur couverture spatiale (de l'agglomération au bâtiment) et leurs rôles dans la chaîne producteur-client.

Les Zones Logistiques Urbaines : ce sont des zones destinées à l'ensemble de l'agglomération qui doivent permettre de localiser les professionnels au plus près de leurs clients pour réduire les mouvements de véhicules en permettant notamment à certaines activités qui se sont éloignées des agglomérations d'y revenir. Il s'agit ici de modifier la localisation des interfaces entre fournisseur et client.

Les Centres de Distribution Urbaine : leur rôle est de gérer les flux qui entrent ou sortent de la ville en intercalant dans la chaîne logistique un site dédié au groupage/dégroupage des marchandises avant leur livraison terminale. Cette rupture de charge supplémentaire imposée aux opérateurs doit permettre de mieux canaliser les flux destinés aux centre-villes. Le coût supplémentaire de cette étape est estimé à 3 euros par colis.

Les Points d'Accueil des Véhicules : l'objectif de ces sites est de gérer les livraisons au niveau d'un quartier ou d'une rue en offrant la possibilité d'un stationnement libre d'accès et protégé et en facilitant ainsi les livraisons finales qui s'effectueront à pied (à l'aide éventuellement d'outils de manutentions fournis pour l'occasion). Un tel équipement permet de limiter la gêne occasionnée aux autres usagers de la voirie et de réduire les parcours de desserte effectuée en véhicule, ce qui permet un gain de temps pour les transporteurs et une réduction des nuisances.

Les Points d'Accueil des Marchandises : ce type d'équipement doit permettre de gérer les envois à destination ou en provenance d'une zone particulièrement difficile d'accès en les concentrant en un point relais; en particulier, ces sites permettront aux transporteurs de ne plus avoir à se rendre jusque chez le client et permettent d'optimiser les tournées.

Les Boîtes Logistiques Urbaines : le rôle de ces dispositifs est de relier le transporteur et le client sans que la présence d'une personne sur le lieu de transfert soit nécessaire; ils doivent

permettre un découplage temporel des envois avec notamment la possibilité d'éviter les heures de pointe.

On voit ainsi qu'il existe des possibilités intéressantes pour améliorer les flux de marchandises en ville et limiter les nuisances qu'elles occasionnent. Cet aspect est déjà important dans l'organisation actuelle (comme nous l'avons déjà souligné dans la première partie), mais il est amené à se renforcer dans le contexte d'une rerégionalisation du système productif et les dispositifs envisagés ci-dessus seront ainsi amenés à jouer un rôle de plus en plus central dans l'optimisation des flux de transport.

C- Un scénario de rerégionalisation

1-Vers un scénario de rupture

La partie précédente s'attache à décrire un scénario écologique fondé sur la proximité qui vise plus à adapter les systèmes actuels qu'à rompre radicalement avec leurs logiques de fonctionnement. En particulier, les modèles usuels considèrent les localisations industrielles comme fixes et ne prennent pas en compte la dimension spatiale comme variable centrale d'évolution du système.

Notre idée est ici de redonner au territoire le rôle central qu'il nous semble essentiel de lui accorder. Ceci passe par la prise en considération des ruptures susceptibles de surgir et de renverser les tendances actuellement à l'œuvre. Nous distinguerons 2 types de ruptures :

- Les ruptures déjà à l'œuvre dont les effets se prolongeront :
 - L'explosion des malaises sociaux nés de la périurbanisation et de l'étalement urbain.
 - L'intégration européenne qui va s'accélérer et élargir son champ d'action (on peut par exemple penser au rôle joué par l'euro dans l'harmonisation financière)
 - Le changement des mentalités avec une prise de conscience des problèmes environnementaux.
- De nouvelles ruptures qui se dessinent :
 - L'inflexion démographique (accélération du vieillissement)
 - Le renversement des comportements individuels et collectifs avec une place centrale accordée à la préservation du patrimoine et de l'environnement. Dans un contexte d'émergence de la notion de développement durable, on renoncera peu à peu à une politique de multiplication des équipements pour satisfaire à la demande de la population pour une gestion plus efficace des infrastructures existantes.

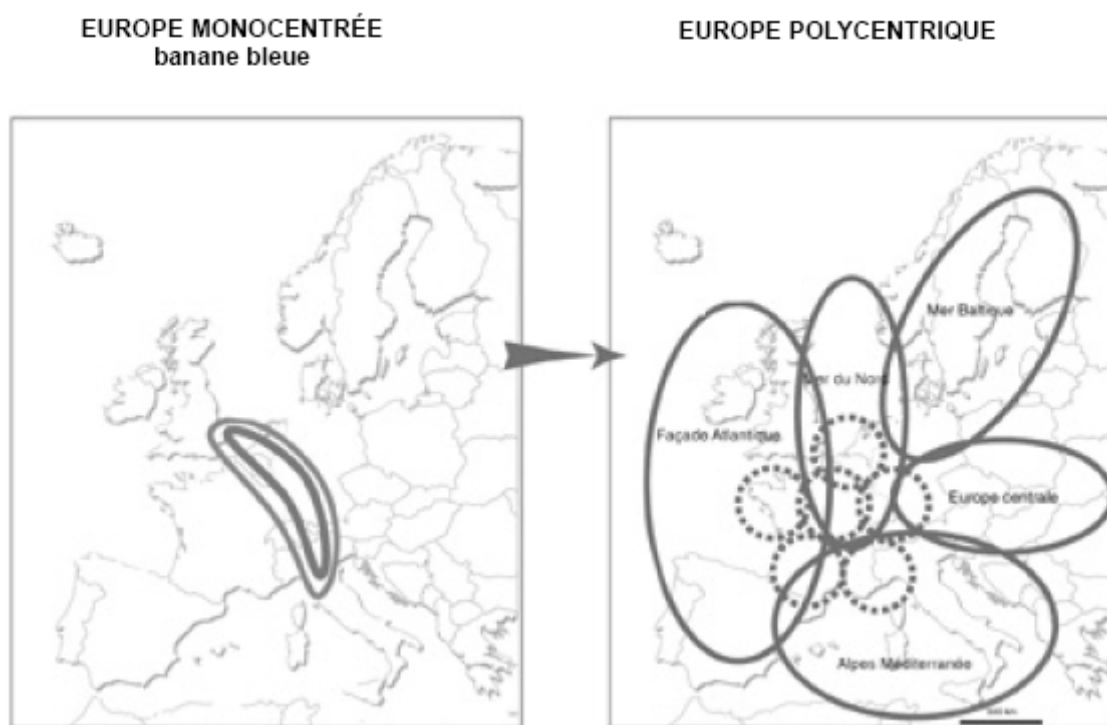
Un tel contexte autorise la mise en place de politiques incitatives ambitieuses qui, en s'appuyant sur leur forte acceptabilité sociale, peuvent permettre un véritable retournement des tendances. C'est par exemple le cas d'une augmentation des prix du transport routier ; on a vu que pour espérer remettre en cause les modèles d'organisation actuellement en vigueur, il fallait au moins doubler ou tripler le prix du transport. Une telle mesure qui se heurtera

certainement à l'inertie voire à l'opposition farouche des professionnels concernés ne pourra se faire que grâce à un soutien inconditionnel de la population et dans un contexte d'harmonisation internationale (pour éviter des distorsions de concurrence) où l'Europe doit avoir un rôle fort.

2-Une vision polycentrique

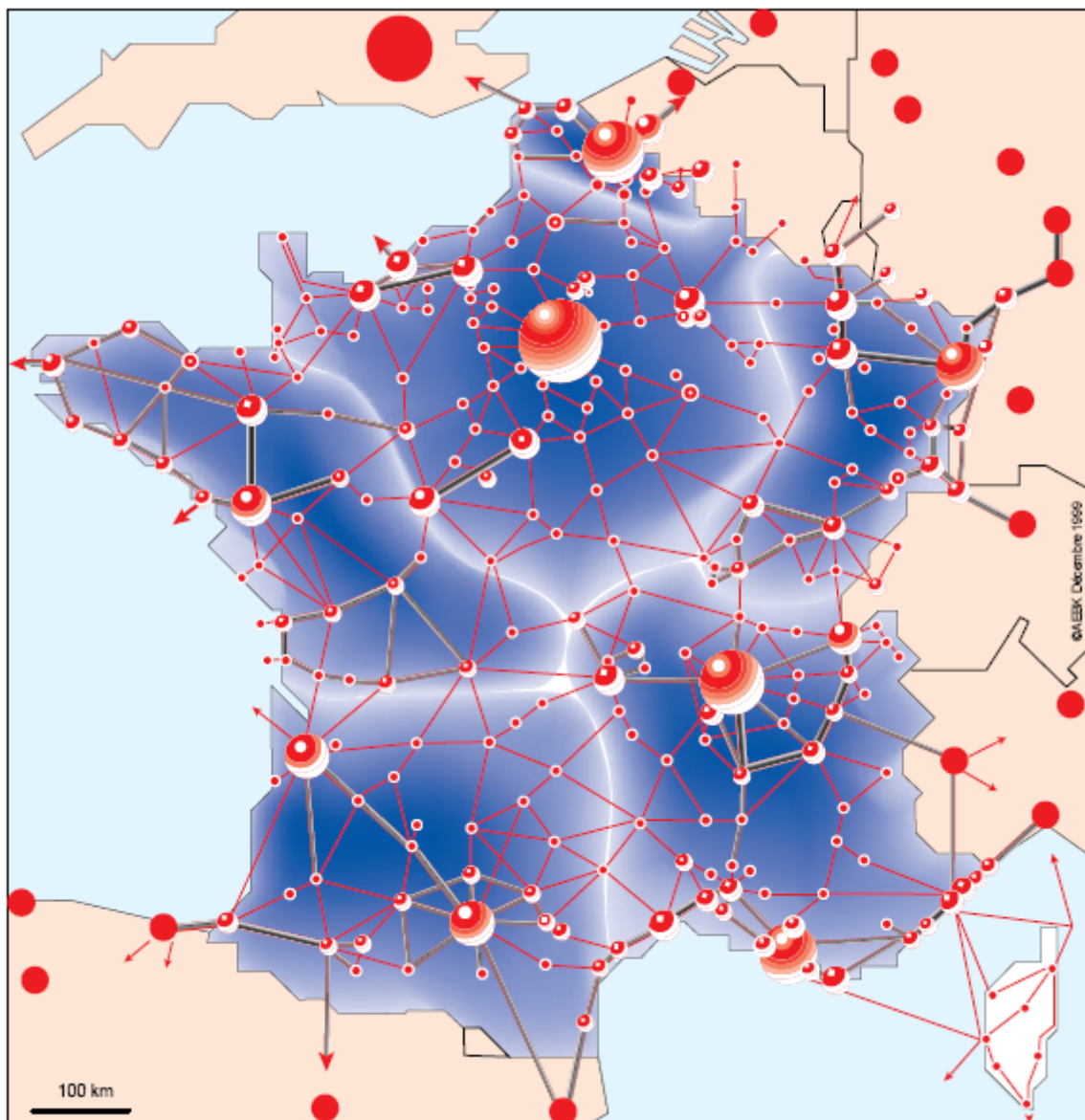
2.1 Les « petites Europes » : une nouvelle approche du territoire

Nous allons développer ici les grandes caractéristiques d'un scénario qui pourrait émerger dans ce contexte et dont l'idée repose sur la constitution de grandes régions au niveau européen. L'idée est de regrouper dans une même zone des régions en provenance de plusieurs Etats sur la base de critères fonctionnels (économiques, territoriaux) et/ou d'affinités culturelles ou historiques.



(source :DATAR (2002))

A l'échelle de la France, cela passe par la constitution d'espaces urbains interrégionaux et polycentriques dont la vocation est de reposer sur un fonctionnement polycentrique fondé sur la multiplication et la diversification des lieux de polarisation.



(source :DATAR (2002))

2.2 Les conséquences en matière de transport

des certitudes...

De façon générale, le niveau d'organisation logistique pertinent passant du mondial au régional, les activités productives seront amenées à se relocaliser. Dans ce contexte, de nombreuses tendances logistiques (comme l'internationalisation des firmes, la spécialisation des unités de production...) seront remises en cause et permettront de revenir à une consommation de transport plus en accord avec les objectifs de développement durable.

...et des sources éventuelles de blocage à examiner

Néanmoins, comme nous l'avons souligné dans l'étude microéconomique, les logiques de transport et les problématiques soulevées sont extrêmement variables d'un domaine à un

autre. Une description précise des conséquences en termes de transport nécessiterait ainsi une étude détaillée des différents « mondes de production ».

On peut donner quelques exemples des débats sectoriels liés à cette rerégionalisation :

- Dans le domaine de l'agriculture : faut-il rechercher l'autonomie régionale (en privilégiant les circuits courts) ou se concentrer sur les productions traditionnelles ?
- Dans le domaine des déchets : les gains d'efficacité permis par un marché européen sont-ils suffisants pour renoncer à un traitement sur place ?
- Dans le domaine des matières premières (construction...) : quelle place accorder au recyclage pour éviter le recours aux ressources naturelles éventuellement éloignées ?

3-Conditions de mise en œuvre

3.1 Transitions

des réformes de fond...

Ce scénario apparaît comme une remise en cause des modes d'organisation de notre société à tous les niveaux. Nous avons ainsi souligné les conséquences économiques en terme de distribution spatiale des activités (que nous pouvons résumer sous le terme de « rerégionalisation »). Mais cet objectif ne pourra être atteint qu'à condition de mettre en place des bouleversements plus profonds des organisations politiques.

Deux aspects semblent essentiels :

- En amont, une réforme profonde de l'Etat devra être mise en œuvre. Le but est de permettre une véritable globalisation des politiques publiques (décloisonnement des services) qui doit permettre de dépasser les logiques sectorielles pour privilégier la territorialisation et la transversalité des politiques locales. C'est à ce prix que les interdépendances pourront être prises en compte.
- En aval, une modernisation de la vie publique doit s'installer avec une participation accrue de la société civile qui est la seule solution pour renverser les rapports en place. Imposer de nouvelles valeurs (développement durable) comme fondement des décisions collectives est la seule force susceptible de légitimer une remise en cause de certaines rentes qui profitent à des minorités.

...et des actions concrètes.

Deux échelles sont à distinguer :

- Au niveau microterritorial, il convient de favoriser les regroupements au sein d'agglomérations. Cette recomposition doit être encouragée au niveau économique, politique et social. L'exemple des réseaux locaux de PME/PMI illustre parfaitement cette nécessité : leurs atouts reposent sur leur capacité à nouer des relations entre elles et à profiter ainsi des économies externes (spécialisation des bassins d'emploi...)
- Au niveau macroterritorial, le regroupement au sein de grandes régions doit permettre une organisation concertée du peuplement et de l'activité économique. Ces regroupements fondés sur une logique territoriale doivent permettre une exploitation rationnelle des spécificités et des affinités.

3.2 Obstacles

Les difficultés qui émergeront certainement sur le chemin de la mise en œuvre de ce scénario sont liées à l'inertie des systèmes en place (les repères rassurants auxquels la société est habituée et les privilèges de certaines minorités très influentes). Vaincre ces réticences nécessite de faire face à certaines questions dont la complexité a jusqu'à présent conduit à les laisser sans réponse (et à laisser les choses suivre leur libre cours). Les 2 principaux arbitrages à réaliser qui seront inévitablement source de tensions sont :

- La dichotomie mondial/local

Ces aspects apparemment contradictoires se renforcent mutuellement. Notre monde est gouverné par la généralisation de la mondialisation dans tous les domaines (économie, politique, environnement...) dont la manifestation est l'accroissement de la mobilité, la banalisation, l'immatériel et l'éphémère. En réaction, on assiste à un renforcement des valeurs identitaires ancrées dans le local qui s'appuie sur la recherche du droit à la singularité, avec les risques de replis communautaires que cela comporte.

Cette mondialisation qui s'est imposée comme valeur centrale de notre société a été permise par l'apparition de nouvelles technologies qui ont révolutionné les échanges (l'exemple emblématique étant bien sûr Internet) et qui se sont diffusées progressivement mais inexorablement ; cet état de fait n'est ainsi pas le résultat d'une volonté concertée mais est dû à une accoutumance auto-entretenu de l'inconscient collectif à l'idée que les seules échelles pertinentes sont le mondial et le local.

Or, le scénario de rerégionalisation propose justement de revenir sur cette idée en mettant en avant une échelle interrégionale intermédiaire. On comprend que cette approche qui remet en cause les fondements mêmes de notre conception du monde risque de se heurter à certaines réticences...

- L'opposition comportement individuel à court terme / attentes collectives à long terme

Nous sommes ici au cœur de la problématique du développement durable. La prise de conscience des déséquilibres (environnementaux, sociaux) que provoquent certains comportements individuels s'est pour l'instant révélée insuffisante pour provoquer des changements radicaux. C'est ainsi que des décisions souvent néfastes pour le bien-être social sont prises sous l'influence de minorités cherchant à détourner le système en leur faveur. Ce paradoxe est lié à la complexité du système économique, politique et social qui laisse à penser qu'une modification en profondeur est impossible et que seules des corrections à la marge peuvent être espérées.

L'exemple caractéristique est le prix du transport routier dont on a vu que le faible niveau est la cause de nombreux dysfonctionnements et nuisances pour la société. Cependant, une forte augmentation, même si elle paraît souhaitable, aurait des effets induits tellement complexes et imprévisibles a priori que tout le monde s'y oppose : « on préfère toujours un malheur connu à un bonheur inconnu ».

Or, c'est justement à cette idée que s'attaque ce scénario de rupture en prônant un changement radical des fondements mêmes du système...

CONCLUSION

Des tendances à inverser de façon urgente

Alors que des efforts importants de réduction des nuisances sont envisagés dans certains secteurs de l'économie (comme l'industrie qui est au cœur du processus de Kyoto), le transport apparaît comme un enjeu essentiel des politiques de développement durable dans les 20 prochaines années. Plus précisément, la première partie de ce rapport a permis de souligner le rôle croissant de la mobilité du fret dans les nuisances dues au transport, les évolutions prévues du transport de marchandises s'inscrivant dans un contexte d'explosion des trafics et des pollutions associées. Pour mémoire, on peut rappeler ce résultat emblématique qui montre que le transport de fret dépassera le transport de personnes comme premier poste d'émission de gaz à effet de serre au cours des 25 prochaines années.

Il apparaît ainsi indispensable d'accorder enfin à ce secteur la place centrale qu'il mérite au cœur des réflexions sur le développement durable.

Réduire en amont la demande de transport...

Plusieurs options peuvent être privilégiées quand on cherche à imaginer des scénarios de rupture des tendances actuelles qui permettraient une moindre consommation de transport. La plupart des études réalisées considèrent les chargeurs et leur organisation comme une variable exogène et ne cherchent à influencer sur les choix de ces entités qu'à travers des incitations plus ou moins restrictives. C'est ainsi le cas des quotas d'émission ou de la tarification des différents modes qui visent à introduire un report modal vers les modes moins polluants (c'est en particulier la direction prise par le Livre Blanc de la Commission Européenne).

L'orientation choisie ici cherche à aborder le problème beaucoup plus en amont en considérant que les entreprises sont des acteurs économiques qui adaptent leur mode de fonctionnement en fonction de signaux qu'ils reçoivent : le système de production/distribution est une variable endogène qui peut évoluer. Comme l'organisation logistique est le paramètre qui structure les flux de marchandises en fonction des contraintes imposées, l'idée est alors de développer un scénario de remise en cause des logiques actuelles qui permettrait une rerégionalisation de la production et une maîtrise en amont de la demande de transport. Nous avons pu mettre en évidence dans la deuxième partie de ce rapport les éléments importants qui expliquent les choix actuels des entreprises afin de mettre en lumière les possibilités d'une remise en cause de ces logiques. Nous avons en particulier pu souligner le rôle fondamental que joue la faiblesse du prix du transport (notamment pour le mode routier) et les perspectives de renversement des tendances qu'offrirait une forte augmentation du coût de la mobilité.

Pour espérer une vraie révolution des modes de production et de distribution, nous avons pu souligner qu'un faisceau de mesures devait être envisagé afin d'englober toutes les dimensions pertinentes (aménagement du territoire, urbanisme, participation des populations...). C'est à ce prix que pourront être surmontés les obstacles inhérents à toute modification d'un système qui s'est imposé au fil des années comme partie prenante de nos modes de vie.

Un contexte favorable

Si la réalisation du scénario envisagé dans ce mémoire a été présentée sous un angle peu propice à l'espoir de sa réalisation certains éléments laissent penser qu'une telle inversion des tendances sera favorisée par le contexte plus général du transport.

En effet, 3 facteurs ont contribué à la situation actuelle :

- l'offre d'infrastructures routières a connu une croissance sans précédent en France mais aussi pour les autres pays de l'Union Européenne : la longueur et la qualité du réseau routier et autoroutier s'est fortement accrue (près de 25 % d'augmentation du réseau autoroutier de l'Union Européenne au cours des années 1990), ce qui a donné un avantage comparatif important au transport routier
- le prix relatif du transport routier a baissé du fait d'un prix relatif de l'énergie en faible augmentation et de la dérégulation qui est intervenue dans ce secteur introduisant une concurrence importante.
- les modes alternatifs au transport routier ont connu un développement très décevant y compris sur des distances pour lesquelles le ferroviaire ou le cabotage auraient pu satisfaire une partie de la demande.

Or, plusieurs de ces tendances semblent s'infléchir très fortement et pourraient induire des bouleversements dans les modes d'organisation. D'une part, les crises de financement de nouvelles infrastructures devraient conduire à un tassement de la croissance du réseau routier qui, combiné à la congestion importante des principaux axes, réduira les avantages du mode routier (notamment en termes de rapidité et de fiabilité. De plus, la crise de l'énergie à laquelle le monde entier est confronté depuis ces derniers mois n'a aucune raison de ne pas se poursuivre dans les prochaines années (le prix du baril de pétrole devrait ainsi se stabiliser autour des 70 \$ au lieu des 30 \$ en vigueur depuis de nombreuses années) ; ceci devrait contribuer à une forte augmentation du prix des transports que l'on a identifié comme un facteur essentiel pour un éventuel choix de relocalisation des activités et des flux de transport associés. Enfin, la poussée du développement durable comme préoccupation des citoyens-consommateurs devrait encourager les entreprises à développer des filières plus « propres » afin d'en faire un argument marketing ; a priori, ceci va pousser à un recours massif des modes de transport les moins nocifs à travers une réorganisation des méthodes logistiques

BIBLIOGRAPHIE 1^{ère} partie

Barbier C. et al. , « Politique climatique et compétitivité en Europe : enjeux du secteur du transport routier de marchandises » ; IDDRI (2004)

Barbier C. , Cauret L., Vlassopoulou C. , « Le secteur des transports en France à l'horizon 2030 suivant le scénario 'Etat protecteur de l'environnement' du CGP » ; Les Cahiers du CLIP n°14 (octobre 2001)

A.Bonnaïfous (groupe présidé par) , « Les transports et l'environnement :vers un nouvel équilibre » ; Conseil National des Transports, La Documentation Française (1999)

Boiteux M. (groupe présidé par) , « Transports : choix des investissements et coûts des nuisances » , Commissariat général du Plan (2001)

Bourgeois C. , Nguyen QC. , « Les transports intérieurs en 2005 : la reprise se confirme » ; Note de synthèse du SES (novembre-décembre 2004)

CEMT , « Transport et développement économique » ; Table Ronde n°119 (2001)

Commission Européenne , «EU Energy and transport in figures 2003 » ; DG energy and transport (2004)

Commission Européenne , « European energy and transport : trends to 2030 » ; DG «energy and transport (2003a)

Commission Européenne, « Freight transport intensity of production and consumption » ; IPTS (2003b)

DAEI-SES , « Transports routiers de marchandises : légère dégradation au quatrième trimestre 2004 » ; Infos rapides du SES n°248 (2005a)

DAEI-SES , « La conjoncture des transports au quatrième trimestre 2004 » ; Infos rapides du SES n°249 (2005b)

DAEI-SES-INSEE , « Les comptes des transports en 2003 : Les trafics et les transports de marchandises et de voyageurs » (2004a)

DAEI-SES-INSEE , « Les comptes des transports en 2003 : Les nuisances environnementales » (2004b)

DAEI-SES-INSEE , « Les comptes des transports en 2003 : Vers des indicateurs de développement durable dans le domaine des transports» (2004c)

DAEI-SES , « La demande de transport en 2025 _projections des tendances et des inflexions » (2004d)

DAEI-SES , « La demande de transport en 2025 _projections des tendances et des inflexions : éléments d'évaluation environnementale» (2004e)

DAEI-SES , « banque de données SITRA-M : Les transports de marchandises en 2002 » (2003)

DATAR , «La France en Europe: quelle ambition pour la politique des transports? » ; étude prospective de la DATAR (2003)

Dron D. , Cohen de Lara M. , « Pour une politique soutenable des transports » ; rapport au ministère de l'Environnement (collection des rapports officiels), édition actualisée (2000)

ENERDATA , « Transport, énergie et contraintes environnementales en France à l'horizon 2030 : apports de l'approche back-casting à la formulation des stratégies technologiques et organisationnelles » ; rapport pour le PREDIT (1999)

Futuribles , « Rapport d'étude prospective transport 2050 » ; groupe de travail du CGPC, de la DRAST, de la DGAC et de l'INRETS (2005)

Girault M. , « Le programme de recherche REDEFINE ou comment analyser l'organisation logistique d'un secteur » ; note de synthèse du SES (mars-avril 2000)

Hubert M. , « Les coûts environnementaux de l'automobile : une mise en perspective de l'évaluation » ; note de méthode de l'IFEN n°14 (2004)

INFRAS/IWW, «External Costs of Transport _update methodology» (2004)

Leray F. , Poudevigne P. , « Liens entre activité économique et transport de fret à l'horizon 2005, projections européennes » ; note de synthèse du SES (juillet-août 2000)

LET/ENERDATA , « Construction de scénarios de mobilité durable » ; rapport pour le PREDIT(2003)

Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière , « La sécurité routière en France _ Bilan 2003 » (2004)

OCDE , « Project on decoupling transport impacts and economic growth _ Analysis of the links between transport and economic growth » ; Working party on national environment policy, Working group on transport (2003)

OCDE , « Report of phase 2 of the project of Environmentally Sustainable Transport » (1997)

Poudevigne P. , « Les déterminants de la circulation routière de fret en Europe de 1985 à 1995 » ; note de synthèse du SES (2000)

SAMARCANDE , « Prospective du fret à l'horizon 2030 » ; rapport pour le PREDIT (2005)

Savy M. , « Economie du transport de marchandises » (2004)

BIBLIOGRAPHIE 2^{ème} partie

Barbier C. et al. , « Politique climatique et compétitivité en Europe : enjeux du secteur du transport routier de marchandises » ; IDDRI (2004)

Batz (groupe de) , « Mobilité urbaine : 5 scénarios pour un débat » ; note CPVS n°16 (2002)

Becker D. , « Le développement des implantations logistiques en France et ses enjeux pour les politiques d'aménagement » ; CGPC (2003)

B2K Consultants, « Influence des politiques publiques sur les stratégies logistiques des entreprises de distribution et leurs prestataires de transport et de logistique » -rapport pour le PREDIT(2001)

Brülhart M. , « Economic Geography, Industry location and trade : the evidence » ; The World Economy, vol.21 (1998)

Burmeister A. , « Familles logistiques : propositions pour une typologie des produits transportés pour analyser les évolutions en matière d'organisation des transports et de la logistique »- rapport pour le PREDIT (2000)

Combes PP. , Lafourcade M. , « Distribution spatiale des activités et politiques d'infrastructures de transport : l'économie géographique, un nouvel outil d'évaluation ? » ; in Aménagement du territoire, Conseil d'Analyse Economique, La documentation française (2000)

DATAR « Aménager la France de 2020 : mettre les territoires en mouvement » ; La documentation française (2002)

Daudin G. , « La logistique et la mondialisation » ; revue de l'OFCE (2003)

Dimou M. , « De l 'économie géographique à la croissance endogène localisée : historique d'une évolution » (2002)

Dornier PP. , Fender M. , « La logistique globale: enjeux, principes, exemples » ; ed. d'organisation (2001)

EURODECISION, « Projet Cristal : réorganisation logistique chez les chargeurs, étude des possibilités de réduction de la mobilité de marchandises »- rapport pour le PREDIT(2005)

Gacogne V. , « Impact des coûts de transport sur les systèmes logistique par une modélisation en dynamique des systèmes : le modèle SANDOMA » ; thèse soutenue à l'ENPC sous la direction d'E. Quinet (2003)

Jiang F. , « Choix modal et système logistique en transport de marchandises : modélisation, analyse économique et prévision du comportement des chargeurs » ; thèse de doctorat réalisée au SES (ministère de l'Équipement) et soutenue à l'ENPC (1998a)

Jiang F. , Calzada C. , « Modélisation du choix modal des chargeurs en transport de marchandises (I) » ; note de synthèse du SES (1998b)

Jiang F. , Calzada C. , « Modélisation de la valeur du temps des chargeurs (II) » ; note de synthèse du SES (1998c)

Jiang F. , Calzada C. , « Validation des modélisations du choix modal des chargeurs en transport de marchandises et prévision (III) » ; note de synthèse du SES (1998d)

Joignaux G. , Verny J. , « Le découplage entre transport de marchandises et croissance : organisations productives, localisations et demande de transport » ; Revue d'Economie Régionale et Urbaine n°5 (2004)

Joignaux G. , Verny J. , « Etude du découplage entre croissance économique et mobilité : bilan et perspectives (volet marchandises) », DATAR (2002)

Keita B., Rizet C., « Chaînes logistiques et consommation d'énergie : cas du yaourt et du jean » ; INRETS-ADEME , rapport pour le PREDIT (2005)

Keita B. et C.Rizet, « Choix logistiques des entreprises et consommation d'énergie, améliorations à apporter à l'enquête ECHO » – INRETS (2002)

Keita B. , « Evolutions logistiques et politiques : étude préliminaire à la mise en place d'un programme de recherche » ; rapport pour la DRAST (2001)

Kerbrat JY. , « Optimisation des flux de transports : pression sur le taux de remplissage » ; L'officiel des transporteurs, n°2304, p.28 (01/04/2005)

Laurent A. , « Les coûts de transport ralentissent le juste-à-temps » ; L'usine nouvelle, n°2814, p.38 (28/02/2002)

Le Blanc F. , Sauvart A. , « Localisation des grandes plates-formes logistiques » ; note de synthèse du SES (mars-avril 2002)

LET/ENERDATA, « Construction de scénarios de mobilité durable » ; rapport pour le PREDIT (2003)

McKinnon A., « Modifier la gestion logistique des entreprises » ; CEMT (2002)

Métayer JC. , « Commentaires sur la diversité des valeurs du temps en transport de marchandises » ; note de synthèse du SES (janvier-février 2001)

Ottaviano G. , Thisse JF. , « New economic geography: what about the N? » (2004)
<http://www.core.ucl.ac.be/staff/thissePapers/EnPla51.pdf>

Rouchaud D. , « L'analyse REDEFINE par groupe de produits » ; note de synthèse du SES (mars-avril 2000)

Serre G. , « L'entrepôt dans la chaîne logistique d'un industriel de grande consommation » ; présentation au CGPC (2002)

Vallin P. , « La logistique : modèles et méthodes du pilotage des flux » ; coll. Techniques de gestion ; ed. Economica (2001)

Vickermann R. , « Drivers of freight transport demand » ; CEMT (2002)